N° 1 15 JANVIER 1940

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : **L. OLIVIER** (1890-1920).
DIRECTEURS : **J.-P. LANGLOIS** (1910-1923), **L. MANGIN** (1924-1937).

DIRECTEUR :
R. ANTHONY, Professeur au Muséum national d'Histoire Naturelle.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. le Médecin-Capitaine Gaston DOIN, Hôpital mixte, Vernon (Eure).

La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et en pays étrangers y compris la Suède, la Norwège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

L'hyperparasitisme paranéoxénique.

On sait qu'on appelle *hyperparasitisme* le mode de vie des organismes parasites sur ou dans d'autres organismes qui sont eux-mêmes déjà parasites.

Dans un mémoire récent du *Journal of Parasitology* [1], A. Hunninen et R. Wichterman en ont décrit un cas remarquable : Un Protozoaire flagellé du genre *Hexamita* vit dans divers organes d'un ver Trématode (*Deropristis inflata*) parasite intestinal d'une Anguille. D'autres Trématodes présents étaient toujours indemnes.

G. Lavier, en analysant ce mémoire (pour le *Bulletin de l'Institut Pasteur*) rapproche les observations qui y sont rapportées de certaines autres qu'il avait faites un peu plus anciennement avec E. Brumpt et publiées dans les *Annales de Parasitologie* (XIV, n° 4, 1936). Dans celles-ci, il était question d'Amibes (*Entamœba brasiliensis* Carini-Stabler) parasitant des Opalines (*Zelleriella* sp. parasites des Batraciens). Quelques figures données par les auteurs remplaceront avantageusement de longues descriptions et permettront de suivre aisément l'histoire de l'hyperplasie [2] (voir figures page 2).

Brumpt et Lavier concluent de leur étude que le nom d'*Entamœba ranarum* « groupe plusieurs espèces en réalité distinctes », que l'*Entamœba brasiliensis* est l'une de celles-ci, qu'elle est primitivement parasite d'une espèce d'Amphibien anoure du genre *Paludicola*.

« En résumé, disent-ils enfin, il est probable que l'Amibe de l'Amphibien, pour une raison qui tient soit à elle, soit à l'Opaline, peut pénétrer dans celle-ci, s'y multiplier et s'y enkyster. On a ainsi un cas curieux de déviation du parasitisme où un parasite intestinal s'attaque à un autre parasite qui l'accompagne et le transforme ainsi en un sous-hôte. Nous proposons pour un tel phénomène le nom de **paranéoxénie;** on en connaît un certain nombre de cas. » On voit qu'en effet l'*Hexamita* du *Deropristis* entrerait dans cette catégorie.

En cherchant bien, peut-être en trouverait-on encore maints exemples. Certains cas seraient à reviser dans cette hypothèse : Si par ex. les bactéries et les spirilles du « *Trichodinopsis* » (*Urceolaria*) *paradoxa* sont des parasites et non pas seulement des symbiotes, il faudra les chercher dans les divers organes des Cyclostomes (ou d'autres Mollusques parasités par le « *Trichodinopsis* », car j'ai trouvé celui-ci dans des *Helix maritima* provenant des environs de Paris).

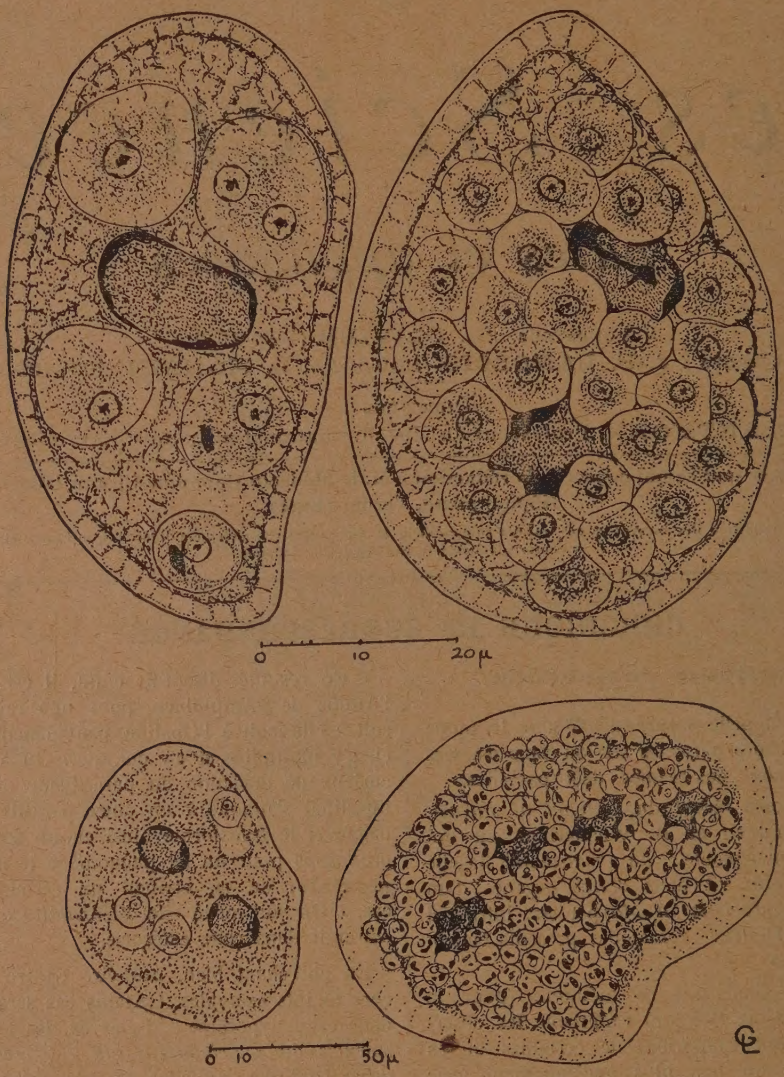
C'est naturellement parmi les hyperparasites de Protophytes ou de Protozoaires, de Vers ou de Némathelminthes qu'on a le plus de chances de mettre en évidence d'autres cas de paranéoxénie.

Il va de soi que l'intérêt de ce mode de vie ne réside pas seulement dans les particularités, cependant fort remarquables, qu'il présente; son grand intérêt tient à ce qu'il s'agit d'une « adaptation » qui pose un nouveau problème dans ce vaste chapitre de la biologie, chapitre où tant de problèmes restent à résoudre rationnellement.

Jean DELPHY.

1. XXIV, 1938, p. 95.

2. Nous remercions vivement les auteurs et la librairie Masson d'avoir mis le cliché à notre disposition.



Zelleriella sp. de *Paludicola signifera* parasitée par une Amibe : en haut à gauche, jeune individu uninucléé renfermant cinq formes amibiennes parmi lesquelles une forme végétative dont le noyau s'est divisé, une forme prékystique et une forme kystique uninucléée; à droite, individu renfermant une trentaine de formes végétatives amibiennes (noter la forme polyédrique prise par les noyaux comprimés de l'Opaline, le tassement des amibes qui tendent à la périphérie à bomber dans l'ectosarc), en bas, à gauche, individu dans lequel le cheminement des amibes est resté visible ; à droite, grand exemplaire bourré de plus d'une centaine de kystes qui remplissent l'endosarc et font par place hernie dans l'ectosarc (malgré la compression des noyaux, la division s'est effectuée et la plasmotomie commence).

REVUE DE PHYSIQUE NUCLÉAIRE

TRANSMUTATIONS ATOMIQUES ET EVOLUTION DES ÉTOILES

Les progrès récents et brillants de la physique nucléaire[1] font apparaître sous un nouveau jour les problèmes essentiels que pose la physique stellaire, à savoir : la production de l'énergie dans le sein des étoiles, la relation entre leur masse et leur luminosité et, enfin, leur évolution. Ces problèmes, à vrai dire, ne sont pas tous distincts et c'est précisément la collaboration intime de la physique de l'infiniment petit et de la science de l'infiniment grand qui permet d'opérer une vaste synthèse des divers aspects que présente l'enchaînement des phénomènes et de résoudre par là les problèmes encore en suspens de l'astrophysique théorique.

1. Conditions physiques à l'intérieur d'une étoile.

Il ne sera pas inutile de rappeler en quelques mots nos connaissances relatives à la constitution intérieure des étoiles. La distribution de la densité ρ, de la pression p et de la température T dans une étoile s'obtient en intégrant un groupe d'équations générales relatives à l'équilibre hydrostatique et radiatif dans l'intérieur de cette étoile. En plus des variables ci-dessus, les paramètres mis en jeu sont encore le poids moléculaire moyen, l'opacité et le taux de production de l'énergie par la matière stellaire.

Si ρ et p sont la densité et la pression totale à une distance r du centre de l'étoile, on peut écrire l'équation suivante qui exprime l'équilibre hydrostatique[2].

$$dp/dr = -GM_r\rho/r^2 \qquad (1)$$

avec

$$M_r = \int_0 4\pi r^2\rho dr \qquad (2)$$

où G est la constante de gravitation et M_r la masse totale à l'intérieur de la sphère de rayon r. La pression totale p se compose de la pression p_g de la matière stellaire (à l'état gazeux) et de la pression de radiation p_r. On a l'habitude d'introduire en astrophysique un paramètre numérique β défini par la relation $p_g = \beta p$ et d'écrire par suite $p_r = (1-\beta)p$. La pression de la matière est donnée par l'équation d'état de la substance stellaire

$$p = f(\rho, T)/\beta \qquad (3)$$

Pour un gaz idéal

$$p = k'\rho T/\beta\mu m_H \qquad (4)$$

où k' est la constante de BOLTZMANN, m_H la masse de l'atome d'hydrogène et μ le poids moléculaire moyen de la matière stellaire.

La pression due au rayonnement électromagnétique occupant tout le corps de l'étoile est donnée par la formule de STÉFAN-BOLTZMANN

$$p_r = p(1-\beta) = \frac{1}{3}\sigma T^4 \qquad (5)$$

où σ est un coefficient numérique.

EDDINGTON ajoute au groupe précédent d'équations encore la relation suivante reliant le flux d'énergie à travers la matière stellaire au gradient de température :

$$dp_r/dr = -\frac{1}{c}k\rho\frac{L_r}{4\pi r^2} \qquad (6)$$

ou

$$dT/dr = -\rho T^{-3}.3kL_r/16\sigma c\pi r^2 \qquad (7)$$

(équation d'équilibre radiatif)[3]

où k est le coefficient d'absorption ou l'opacité de la matière stellaire et L_r le flux total d'énergie radiante par unité de masse traversant la surface de la sphère de rayon r. Ce flux est à son tour relié au taux de libération de l'énergie ε par unité de masse à l'aide de l'équation

$$dL_r = 4\pi r^2\rho\varepsilon dr \qquad (8)$$

On démontre alors que, pour une étoile de constitution chimique donnée, les paramètres μ, k et ε peuvent s'exprimer en fonction de la densité, de la pression et de la température, et à condition de connaître aussi l'équation d'état $p_g = f(\rho, T)$, les équations ci-dessus jointes aux

1. Cf. T. KAHAN : *Revues de Physique nucléaire*, 1937, 1938 et 1939 dans *Revue générale des Sciences*. — T. KAHAN : Radioactivité et Transmutation des Atomes. A. Colin, 1940.

2. En écrivant que la différence des pressions qui s'exercent sur les surfaces sphériques de rayon r et $r + dr$ équilibre l'action de la gravitation, on obtient l'équation (1).

3. Cette équation exprime que l'énergie rayonnée se trouve en partie absorbée dans la couche d'épaisseur dr, ce qui entraîne une diminution d'impulsion électromagnétique, diminution à laquelle correspond la variation dp_r de la pression de radiation.

conditions aux limites déterminent complètement les six quantités ρ, p, T, β, M_r et L_r en un point quelconque de l'intérieur de l'étoile. Pour une masse donnée on peut partir avec des valeurs arbitraires pour le rayon R et la luminosité L et intégrer les équations en procédant de l'extérieur vers l'intérieur de l'étoile, compte tenu des conditions aux limites

$$\rho_R = p_R = T = 0, \quad M_R = M, \quad L^R = L \quad \text{et} \quad \beta_R = 1.$$

On parvient alors au centre de l'étoile avec des valeurs définies de ρ_o, p_o, T_o, M_o, L_o et l'on aura a choisir le rayon R et la luminosité L avec lesquelles on a commencé l'intégration de manière à satisfaire aux conditions $M_o = o$, $L_o = O$. On obtient ainsi une solution bien définie du problème, le rayon de l'étoile, sa luminosité et la distribution de sa densité ainsi que de sa température dans son sein étant complètement déterminés par sa masse et sa constitution chimique. Remarquons en passant qu'on utilise souvent au lieu du rayon de l'étoile, le paramètre T_e, dit température de surface effective, défini comme la température du corps noir donnant le même rayonnement total par unité de surface et par seconde que l'étoile considérée : $T_e = (L/4\pi R^2\sigma)^{1/4}$.

Pour abréger nous appellerons l'ensemble des relations (1) à (8) les équations d'EDDINGTON.

Quelques remarques encore sur les paramètres μ, k et ε. Comme la température dans le corps d'une étoile est extrêmement élevée, la matière stellaire peut être considérée comme entièrement ionisée, c'est-à-dire décomposée en noyaux et en électrons. On utilise, d'autre part, dans les recherches sur la constitution stellaire le mélange (dit mélange de RUSSELL) d'éléments lourds qui se rapproche le mieux de la constitution chimique réelle des étoiles. Ce mélange de RUSSELL comprend 50 % d'O; 25 % de Na et de Mg; 6 % de Si; 6 % de K et Ca; 13 % de Fe et possède le poids moléculaire moyen $\mu = 1{,}85$.

L'opacité k de la matière stellaire se calcule dans cet état élevé d'ionisation, à l'aide de la formule de KRAMERS en fonction de la densité et de la température : $k = k_o \rho T^{-7/2}$ où k_o dépend de la constitution chimique et varie sensiblement comme Z^2/A (Z nombre atomique et A nombre de masse de l'élément considéré). Ainsi l'opacité due à l'H et à l'He est négligeable vis-à-vis de l'absorption provoquée par les éléments plus lourds.

Ceci rappelé, d'après les vues modernes, la libération d'énergie dans le sein des étoiles est due à des réactions thermo-nucléaires, provoquées par les chocs d'agitation thermiques violents correspondant aux températures extrêmement élevées régnant dans les étoiles.

2. Réactions nucléaires à l'intérieur des étoiles.

La probabilité d'une réaction nucléaire se produisant dans un gaz présentant une distribution de vitesse conforme à la loi de Maxwell a été d'abord calculée par ATKINSON et HOUTERMANS en 1929 et perfectionnée ensuite par GAMOW et TELLER en 1938. L'expression pour la production d'énergie d'une réaction thermonucléaire (par gramme et par seconde) est

$$\varepsilon = 4.3^{-5/2} \cdot \rho x_1 x_2 \frac{h\Gamma r_o^2 Q}{2\pi m_1 m_2 m e^2 Z_1 Z_2} exp^4 \cdot \left(\frac{8\pi^2 v_o m e Z_1 Z_2}{h^2}\right)^{1/2} \times \tau . e^{-\tau} \qquad (9)$$

où ρ est la densité du gaz en g/cm^3, x_1 et x_2 les concentrations des deux types de noyaux en réaction, Z_1 et Z_2, leurs nombres atomiques, m_1 et m_2 les masses des noyaux réagissants $[(m = m_1 m_2/(m_1 + m_2]$, r_o le rayon combiné, Q la production d'énergie par réaction et $\frac{2\pi\Gamma}{h}$ la probabilité de la réaction après passage à travers la barrière de potentiel. La variation avec la température T est donnée par la quantité τ ainsi défini :

$$\tau = 3\left(\frac{2\pi^4 m e^4 Z_1^2 Z_2^2}{h^2 k' T}\right)^{1/3} \qquad (10)$$

C'est l'expression (9) qui a servi à reconnaître la réaction nucléaire responsable de la libération d'énergie dans le soleil. Le tableau ci-après comprend d'une part les réactions possibles entre protons et divers noyaux légers et de l'autre, les valeurs de Q et Γ correspondantes :

Réaction	Q (en millièmes d'unité de masse)	Γ (eV)	$\varepsilon\left(\frac{erg}{g\cdot sec}\right)$
$^1H + {}^1H \rightarrow {}^2H + e^+$	1,53	—	2,2
$^2H + {}^1H \rightarrow {}^3He + h\nu$	5,9	1	1.10^{17}
$^3H + {}^1H \rightarrow {}^4He + h\nu$	21,3	10	3.10^{18}
$^6Li + {}^1H \rightarrow {}^4He + {}^3He$	4,1	5.10^5	1.10^{16}
$^7Li + {}^1H \rightarrow 2\,{}^4He$	18,6	4.10^4	5.10^{15}
$^9Be + {}^1H \rightarrow {}^6Li + {}^4He$	2,4	10^6	3.10^{13}
$^{10}B + {}^1H \rightarrow {}^{11}C + h\nu$	9,2	10	3.10^6
$^{11}B + {}^1H \rightarrow 3\,{}^4He$	9,4	10^6	3.10^{11}
$^{11}C + {}^1H \rightarrow {}^{12}N + h\nu$	0,4	0.02	1,1
$^{12}C + {}^1H \rightarrow {}^{13}N + h\nu$	2,0	0,6	180
$^{13}C + {}^1H \rightarrow {}^{14}N + h\nu$	8,2	30	$3,6.10^4$
$^{14}N + {}^1H \rightarrow {}^{15}O + h\nu$	7.8	5	30
$^{15}N + {}^1H \rightarrow {}^{12}C + {}^4He$	5,2	10^5	$4,5.10^5$
$^{16}O + {}^1H \rightarrow {}^{17}F + h\nu$	0,5	0,02	7.10^{-5}
$^{19}F + {}^1H \rightarrow {}^{16}O + {}^4He$	8,8	10^5	55
$^{22}Ne + {}^1H \rightarrow {}^{23}Na + h\nu$	10,7	10	7.10^{-5}
$^{26}Mg + {}^1H \rightarrow {}^{27}Al + h\nu$	8,0	10	8.10^{-9}
$^{30}Si + {}^1H \rightarrow {}^{31}P + h\nu$	7,0	10	3.10^{-22}

La deuxième colonne indique le dégagement d'énergie calculé lors des diverses réactions pour

les conditions existant dans le corps du soleil (à savoir $T = 2.10^7$°C; $\rho = 80\ g/cm^3$ et x Hydrogène = 0,35) dans l'hypothèse que la concentration du noyau considéré est 0,1 (à l'exception de la première réaction où $x_1 = x_2 = 0{,}35$).

Les valeurs de T relatives aux réactions donnant naissance à des particules peuvent se déduire des sections efficaces observées [4] de ces réactions. Les largeurs de niveaux relatives à l'émission des rayons γ peuvent s'obtenir grâce aux processus de capture des protons par résonance. Mais, en général, les processus radiatifs sont rares comparés à l'émission de particules, le rapport des probabilités respectives étant de 10^4 à 10^5 en faveur des réactions à émission de particules (voir tableau ci-dessus). Dans un certain nombre de cas la réaction d'un noyau A avec une particule lourde (proton, hélion) est en compétition avec une radioactivité β naturelle ou avec une capture d'électrons. Dans les cas où la période des noyaux radioactifs n'est pas connue, on utilise la théorie de Fermi.

Il est essentiel de savoir pour la discussion des réactions nucléaires si certains isotopes tels que ^{4}Li, ^{5}Li, ^{6}Be, ^{8}Be, ^{8}B, ^{9}B, ^{10}C, etc. existent ou non. Le critérium pour l'existence d'un noyau est sa stabilité énergétique vis-à-vis d'une désintégration spontanée en particules lourdes telles que neutron, proton ou hélion. Lorsqu'un noyau léger est énergétiquement instable par rapport à l'émission d'une telle particule, sa durée de vie sera une fraction infime de seconde, d'ordinaire 10^{-20}, même si l'instabilité est faible.

La conclusion que Bethe tire des calculs dans l'hypothèse d'une densité $\rho = 80$ et d'une teneur en hydrogène de 35 % qui correspondent aux conditions régnant au centre du soleil est que tous les noyaux entre C et H, notamment ^{2}H, ^{3}H, ^{6}Li, ^{7}Li, ^{9}Be, ^{10}B, ^{11}B ne peuvent exister dans l'intérieur des étoiles que dans la mesure où ils sont continuellement recréés par des réactions nucléaires. Tous ces noyaux ont une vie très courte allant d'une fraction de seconde pour ^{3}H à 1000 ans pour ^{10}B. Cette conclusion ne s'applique pas à ^{4}He parce que ^{5}Li n'existe pas.

Les durées de vie du carbone et de l'azote sont, d'après les calculs, de l'ordre de 10^{12} à 10^{20} années parce que ces noyaux sont reproduits par les réactions nucléaires elles-mêmes; elles sont donc grandes comparées à l'âge de l'univers (laps de temps qui s'est écoulé depuis la formation des étoiles) qui est de l'ordre de 2.10^{10} années. Les protons et tous les noyaux plus lourds que l'azote ont aussi des vies longues par rapport aux durées astronomiques.

Comme nous venons de le voir, à l'exception de ^{1}H et de ^{4}He, tous les noyaux plus légers que C ont une durée de vie extrêmement faible dans le sein des étoiles. Ces éléments ne peuvent donc être présents que dans la mesure où ils sont continuellement produits, au cours des transmutations, par des noyaux de vie plus longue. Ceci est en accord avec l'abondance faible de tous ces éléments tant dans les étoiles que sur la terre.

Des deux noyaux plus stables, ${}_2^4$He est trop inerte au point de vue transmutation pour jouer un rôle important. Il ne se combine, en effet, ni avec un proton, ni avec un autre hélion, puisque dans les deux cas le noyau résultant serait instable. La seule manière dont l'hélion puisse réagir est par chocs triples qui sont extrêmement rares (par ex. $3\,^4\mathrm{He} \rightarrow {}^{12}\mathrm{C}$), à cause d'une barrière de potentiel plutôt grande pour le troisième hélion.

Comme seule réaction primaire entre éléments plus légers que C, il ne reste ainsi que la réaction entre 2 protons :

$$ {}_1^1\mathrm{H} + {}_1^1\mathrm{H} \rightarrow {}_1^2\mathrm{H} + e^+. \qquad (11) $$

D'après Critchfield et Bethe, cette réaction est accompagnée d'une évolution énergétique de 2,2 ergs/g. sec. dans les conditions stellaires normales

$$ (T = 2.10^7\,^0\mathrm{C},\quad \rho = 80,\quad x_{\mathrm{H}} = 35\,\%). $$

Le taux de réaction dans ces conditions est de $2{,}5.10^{-19}$ sec^{-1} ce qui correspond à une vie moyenne de H dans le soleil de $1{,}2.10^{11}$ années. D'après ce qui précède donc, toute synthèse des éléments à partir de l'hydrogène aura pour point de départ la réaction (11). Le deutéron capturera ensuite un autre proton :

$$ {}_1^2\mathrm{H} + {}_1^1\mathrm{H} \rightarrow {}_2^3\mathrm{He} \qquad (12) $$

Cette réaction suivra presque instantanément la réaction (11), avec un délai de seulement 2 secondes. Il y aura donc toujours un équilibre statistique entre protons et deutérons, les concentrations (en nombre d'atomes), étant dans le rapport de leurs vies respectives. La probabilité relative de la réaction :

$$ {}_1^2\mathrm{H} + {}_1^2\mathrm{H} \rightarrow {}_2^3\mathrm{He} + {}_0^1n \qquad (13) $$

comparée à celle de (11) est si faible (2.10^{-14}) qu'environ un neutron est produit pour 5.10^{13} combinaisons de protons.

L'évolution subséquente de ${}_2^3$He, produit d'après (13), dépend de la question de la stabilité de ^{4}Li et de la stabilité relative de ^{3}H et ^{3}He.

L'analyse approfondie des réactions montre dès lors que la formation de noyaux plus lourds que l'hélion ne peut se faire qu'en quantités négligea-

4. Cf. T. Kahan : *Revue générale des Sciences*, l. c. — T. Kahan : Radioactivité et Transmutation des Atomes, l. c.

bles. Il se produit un noyau ^{12}C sur 10^{24} hélions et un neutron sur 10^{14} hélions si Li est instable, un noyau ^{12}C sur 10^{34} hélions et un neutron sur 10^{7} hélions lorsque ^{4}Li est stable. La raison de la faible probabilité de formation de ^{12}C est double : primo, tout noyau non radioactif entre He et C, c'est-à-dire ^{6}Li, ^{7}Li, ^{9}Be, ^{10}B, ^{11}B, réagissant avec des protons donnera lieu à une émission d'hélions plutôt qu'à une capture radioactive, de sorte qu'il se produira plutôt une désintégration qu'une synthèse [5]. Secundo, l'instabilité de ^{8}Be produit une lacune dans la liste des noyaux stables, lacune d'autant plus difficile à franchir que ^{8}Be se forme très facilement au cours des réactions nucléaires (faible excès de masse)[6].

En résumé, il n'existe aucun mode de production permanent pour les noyaux plus lourds que l'hélion dans le sein des étoiles sous les conditions qui y règnent. Cela tient à ce que tous les éléments jusqu'au B sont désintégrés par bombardement protonique (émission d'α !) plutôt que transmutés en noyaux plus lourds par capture radiative. La production de neutrons dans les étoiles est également négligeable. Les noyaux lourds observés dans les étoiles doivent donc avoir existé déjà au moment de la formation de l'étoile, donc avant que celles-ci aient atteint leur état actuel de température et de densité. C'est là un problème encore non résolu de l'astrophysique et un point faible de la théorie nucléaire.

Nous voilà maintenant à même d'aborder la question de la production d'énergie qui est, en fait, le seul processus observable dans les étoiles.

A la différence des noyaux légers, ^{12}C n'est pas détruit de manière permanente lorsqu'il entre en réaction avec des protons; il se produit, en effet, la chaîne de réaction suivante :

$$\left.\begin{array}{l} {}^{12}C + {}^{1}H \rightarrow {}^{13}N + h\nu \\ {}^{13}N \rightarrow {}^{13}C + e^{+} \\ {}^{13}C + {}^{1}H \rightarrow {}^{14}N + h\nu \\ {}^{14}N + {}^{1}H \rightarrow {}^{15}O + h\nu \\ {}^{15}O \rightarrow {}^{15}N + e^{+} \\ {}^{15}N + {}^{1}H \rightarrow {}^{12}C + {}^{4}He \end{array}\right\} \quad (14)$$

Au total on aura : $4\,{}^{1}H \rightarrow {}^{4}_{2}He + 2e^{+}$

Ainsi le noyau ^{12}C se trouve reproduit au bout du cycle. La raison en est que les réactions alternatives produisant les hélions, à savoir :

$$\begin{array}{l} {}^{12}C + {}^{1}H \rightarrow {}^{9}B + \alpha \\ {}^{13}C + {}^{1}H \rightarrow {}^{10}B + \alpha \\ {}^{14}N + {}^{1}H \rightarrow {}^{11}C + \alpha \end{array}$$

sont énergétiquement interdites.

La nature cyclique de la chaîne (14) montre que, pratiquement, il ne se produit pas de consommation de carbone. Seul, dans un cas sur 10^{14} cas le noyau ^{15}N capturera un proton plutôt que de réagir d'après la formule ${}^{15}N + {}^{1}H \rightarrow {}^{12}C + \alpha$. Dans ce cas, il se forme du ^{16}O :

$${}^{15}N + {}^{1}H \rightarrow {}^{16}O.$$

Toutefois, même ici, ^{12}C n'est pas détruit de manière permanente car ^{16}O ramènera, dans l'énorme majorité des cas, à ^{12}C. Il y a un noyau ^{12}C consommé pour 10^{12} protons. Comme la concentration de carbone et d'azote, d'après les témoignages des spectres stellaires, est certainement plus grande que 10^{-12}, cette concentration ne change pas considérablement pendant l'évolution d'une étoile. *Le carbone et l'azote sont de vrais catalyseurs ; ce qui a lieu réellement au cours d'un cycle* (14) c'est l'assemblage de 4 protons en un hélion avec émission de deux positons.

Un noyau ^{12}C donné capturera, au centre du soleil, un proton, une fois en $2{,}5.10^{6}$ années et un noyau ^{14}N donné, une fois toutes les 5.10^{7} années. Ces durées sont faibles par rapport à l'âge du soleil. Le cycle (14) se sera donc répété bien des fois dans l'histoire du soleil, de sorte qu'un équilibre statistique se sera établi entre tous les noyaux intervenant dans le cycle, à savoir ^{12}C, ^{13}C, ^{13}N, ^{14}N, ^{15}N et ^{15}O. Or, en équilibre statistique, la concentration de chaque noyau est proportionnelle à sa durée de vie. Il s'ensuit que ^{14}N devrait présenter la plus grande concentration, ^{12}C une concentration moindre et ^{13}C, ^{15}N, des concentrations encore plus faibles [7]. L'expérience semble d'accord avec la théorie pour ce qui est des isotopes du carbone.

En ce qui concerne maintenant l'évolution énergétique, on voit que le cycle (14) contient deux processus radioactifs (^{13}N et ^{15}O) donnant naissance à des positons de respectivement 1,35 et 1,85 mUM d'énergie maximum [8]. Si l'on suppose (en vertu de la théorie de la radioactivité β) que 5/8 de l'énergie sont, en moyenne, communiqués aux neutrinos (énergie perdue) ceci fait 2,0 mMV d'énergie neutronique par cycle, ce qui représente 7 % de l'évolution énergétique totale (28,7 mVM). Chaque cycle libère donc une énergie de 4,0 10^{-5} ergs.

5. Par exemple : ${}^{7}Li + {}^{1}H$ (lent) $\rightarrow {}^{8}Be + \gamma h\nu$, ensuite ${}^{8}Be \rightarrow 2\alpha$. D'autre part : ${}^{7}Li + \alpha \rightarrow {}^{11}B + h\nu$, ensuite soit ${}^{11}B + {}^{1}H \rightarrow 3\alpha$, soit ${}^{11}B + {}^{1}H \rightarrow {}^{12}C$. Or le rapport de fréquence de ces deux dernières réactions est de 10^{4} à 1 en faveur de la formation de trois hélions.

6. ^{8}Be formé au cours d'une réaction (par exemple ${}^{11}B + {}^{1}H \rightarrow {}^{8}Be + \alpha$) se désintègre en deux hélions (${}^{8}Be \rightarrow 2\alpha$), l'énergie de désintégration (différence ${}^{8}Be - 2\,{}^{4}He$) étant estimée à 40-120 kve.

7. Les concentrations des noyaux radioactifs ^{13}N et ^{15}O sont naturellement très faibles, environ 10^{-12} de celle de ^{14}N.

8. 1 m UM = 1 millième de l'unité de masse nucléaire correspond à $0{,}93.10^{6}$ e. V.

La durée d'un cycle (14) est égale à la somme des durées de vie de tous les noyaux concernés, c'est-à-dire, pratiquement, à celle de la durée de vie de ^{14}N. Ainsi chaque noyau ^{14}N produira 4.10^{-5} erg tous les 5.10^{7} ans, ou 3.10^{-20} erg par sec. Dans l'hypothèse d'une concentration (en poids) de 10 % pour ^{14}N, cela donne une évolution énergétique de

100 ergs/g-sec

dans les conditions stellaires normales

Ce résultat est suffisant pour expliquer la luminosité du soleil. Comme la réaction d'azote dépend beaucoup de la température (comme T^{18}) et que la température tout comme la densité décroît rapidement du centre du soleil vers l'extérieur, la production d'énergie moyenne ne sera qu'une fraction, peut-être 1/30 de la production au centre. Ceci revient à dire que la production moyenne est de 5 à 10 ergs/g. sec., résultat qui concorde fort bien avec la luminosité observée qui est de 2 ergs/g. sec.

On voit ainsi que la réaction entre azote et proton que nous avons reconnue comme étant la seule réaction capable de rendre compte de manière cohérente de la production d'énergie du point de vue de la physique nucléaire, concorde aussi parfaitement avec la production d'énergie observée dans le soleil. On peut présenter également ce résultat sous un autre jour : abstraction faite des considérations nucléaires ci-dessus, on peut se demander quel noyau nous assurera l'évolution énergétique correcte dans le soleil, ou encore : étant donnée une évolution énergétique de 20 ergs/g au centre du soleil, quel processus nucléaire nous donnera la température centrale correcte d'environ 19.10^{6} degrés centigrades ?

Les calculs de Bethe montrent que tous les noyaux jusqu'au bore nécessitent des températures excessivement basses pour ne pas donner lieu à une production d'énergie trop forte; or ces températures ($< 10^{7}$°C) sont tout à fait incompatibles avec les équations d'équilibre hydrostatique et radiatif. D'autre part, l'oxygène et le néon nécessiteraient de trop hautes températures. Seuls le carbone et l'azote font intervenir la température centrale correspondant aux calculs d'Eddington (19.10^{6} degrés). C'est dire qu'on aurait pu prévoir uniquement à partir des données astrophysiques que la capture de protons par le noyau ^{14}N est la réaction responsable de la production d'énergie stellaire.

3. Noyaux lourds.

En ce qui concerne les noyaux plus lourds que l'azote, les réactions où ils interviennent ne présentent pas d'intérêt au point de vue de la production de l'énergie, car leurs hautes barrières de potentiel électrique rendent leurs réactions beaucoup moins probables que celles du groupe carbone-azote.

4. Accord entre théorie et observation.

Dans le tableau ci-dessous nous reproduisons, d'après Bethe, quelques résultats remarquables.

Étoile	Luminosité en ergs/g par sec.	Densité centrale	Teneurs en H en %	Température centrale en millions de ° C	
				Calculs d'Eddington	Production d'énergie théorique
Soleil	2,0	70	35	19	18,5
Sirius A	30	41	35	26	22
Capella	50	0,16	30	6	32
Ophiuchi (brillante)	180	12	55	25	26
Cygni Y « brillante »	1200	6,5	80	32	30

Les résultats sont fort satisfaisants : les températures nécessaires pour donner l'évolution énergétique correcte (dernière colonne) concordent fort bien avec les températures obtenues par Eddington à l'aide de l'intégration des équations d'équilibre mécanique et radiatif (avant-dernière colonne) [9]. L'étoile géante Capella constitue la seule

9. Dans ces intégrations d'Eddington, la production d'énergie était supposée constante et uniforme dans presque tout le volume de l'étoile (modèle d'Eddington). Bien que le modèle de la « source ponctuelle » eût été plus adéquat dans le cas de processus nucléaires présentant une forte variation avec la température, le modèle d'Eddington n'en constitue pas moins une bonne approximation.

exception, ce qui n'est pas étonnant, car cette étoile présente une plus grande luminosité que le soleil avec une densité et une température moindres. Un tel comportement ne saurait s'expliquer par le même mécanisme que celui qui rend compte des étoiles dites de la série principale.

5. **Relation masse-luminosité.**

Nous allons maintenant mettre à profit la théorie précédente de la production d'énergie pour établir la relation qui existe entre la masse et la luminosité d'une étoile. Nous allons considérer pour cela la masse M d'une étoile, son poids moléculaire moyen μ, la concentration du mélange de Russell y et le produit des concentrations d'hydrogène et d'azote z comme variables indépendantes. Introduisons, en outre, le rayon stellaire R qui toutefois sera éliminé par la suite. Il vient, pour chaque point :

$$\rho \sim M/R^3 \qquad (15)$$

L'équation d'équilibre hydrostatique (1) jointe à l'équation d'état (4) donne d'autre part :

$$T \sim M\mu/R \qquad (16)$$

Enfin, il convient encore de faire état de l'équation de l'équilibre radiatif (7).

Pour l'opacité, on admettra

$$k \sim y\rho^{\alpha} T^{-\beta}$$

La luminosité peut s'écrire d'autre part

$$L \sim M \rho z T^{\gamma}$$

De la relation (9) on tire

$$\gamma = \frac{d \log (\tau^2 e^{-\tau})}{d \log T} \frac{1}{\delta} = (\tau - 2) \qquad (18)$$

Pour

$$^{14}N + {}^{1}H \text{ et } T = 2.10^7 \text{ degrés}$$

cela donne $\gamma = 18$.

Pour $T = 3{,}2.10^7$ (Cygni Y) $\gamma = 15{,}5$. Généralement $\gamma \sim T^{-1/2}$, $\gamma = 18$ constituera une bonne approximation pour la plupart des étoiles appartenant à la série principale.

En portant ces relations dans (7), il vient

$$T^{\beta - 7} \sim y z M \rho^{2+\alpha} R^{-4} \qquad (19)$$

En combinant (19) avec (15) et (16), et en posant pour abréger :

$$\delta = \gamma + 3 + 3\alpha - \beta \qquad (20)$$

nous obtenons finalement :

$$R \sim M^{1 - 2(2+\alpha)/\delta} \mu^{4(7+3)/\delta} (yz)^{1/\delta}$$

$$T \sim M^{2(2+\alpha)/\delta} \mu^{(7+3\alpha)/\delta} (yz)^{-1/\delta} \qquad (22)$$

$$\rho \sim M^{-2+6(2+\alpha)\delta} \mu^{-3+3(7+3\alpha)/\delta} (yz)^{-3/\delta} \qquad (23)$$

Dans l'hypothèse usuelle

$$y = 18,\ \alpha = 1,\ \beta = 7/2,\ \delta = 20{,}5$$

Faisons quelques remarques à propos de ces relations. Le résultat le plus important est que la température ne dépend que légèrement de la masse de l'étoile, comme à peu près $M^{0,25}$. La raison en est la forte variation du taux de réaction nucléaire avec la température.

Le rayon de l'étoile est plus grand pour les étoiles lourdes et les poids moléculaires élevés. La densité varie évidemment en sens inverse.

La luminosité croît légèrement plus vite que la quatrième puissance de la masse et que la sixième puissance du poids moléculaire moyen. Cette variation est notablement moins grande que celle qu'on indique d'ordinaire ($M^{5,5}\mu^{7,5}$) et concorde mieux avec l'observation.

Toutes ces considérations sont valables pour les étoiles brillantes. Pour les étoiles plus faibles, ayant des températures centrales plus basses, la combinaison de protons

$$^{1}H + {}^{1}H \rightarrow {}^{2}_{1}H + e +$$

deviendrait plus probable que les réactions carbone-azote, car ce processus varie moins avec la température.

6. **Evolution stellaire.**

Nous avons vu, au cours des considérations précédentes que les concentrations de noyaux lourds (mélange de Russell), et par suite aussi celle de l'azote ne sauraient changer sensiblement pendant la vie d'une étoile. Le seul phénomène important qui ait lieu est la transformation de l'hydrogène en hélium. L'état d'une étoile se trouve ainsi caractérisé par la concentration en hydrogène x et par un paramètre fixe y, donnant la concentration du mélange de Russell. Le reste, $1 - x - y$ est la concentration en He.

Sans nuire à la généralité, nous pouvons admettre pour les calculs suivants qu'à l'origine du temps, la concentration en hélium est nulle. La naissance réelle de l'étoile aura lieu alors à une époque $t > 0$.

Nous avons ci-dessus que la luminosité dépend de la composition chimique pratiquement seule par l'intermédiaire du poids moléculaire moyen μ. Or, cette quantité est donnée par

$$1/\mu = 2x + 3/4(1 - x - y) + \tfrac{1}{2}y = (5/4\,x + a) \qquad (24)$$

avec

$$a = 0{,}6 - 0{,}2y \qquad (25)$$

en prenant pour les poids moléculaires de l'hydrogène, de l'He et du mélange de Russell respectivement les valeurs 1/2, 4/3 et 2.

Or, le taux de décroissance de la concentration en hydrogène est proportionnel à la luminosité que nous poserons, à son tour, proportionnelle à μ^n avec $n \sim 6$. Alors

$$dx/dt \sim (x + a)^{-n} \qquad (26)$$

On en tire, par simple quadrature :

$$(x + a)^{n+1} = A(t_0 - t) \qquad (27)$$

où A est une constante fonction de la masse et des autres caractéristiques de l'étoile. Puisque

$$x = 1 - y \text{ à } t = o,$$

il vient :

$$A t_o = (1{,}6 - 1{,}2\,y)^{n+1} \qquad (28)$$

Il est visible sur (26) et (27) que la concentration en H décroît d'abord lentement puis de plus en plus rapidement. Par exemple, lorsque la concentration des éléments lourds est $y = 1/2$, la première moitié de l'hydrogène dans l'étoile sera consumée pendant 87 % de sa durée de vie, la seconde moitié au cours des 13 % restants. Si la concentration du mélange de Russell est petite, le résultat sera encore plus extrême. De quoi il résulte que très peu d'étoiles seront réellement observées près de la fin de leur vie, même si l'âge des étoiles est comparable à leur durée de vie totale t_o (cf. 28). En réalité, la durée de vie de toutes les étoiles, sauf celle des plus brillantes, est longue, comparée à l'âge de l'univers tel qu'il se déduit du déplacement des raies spectrales vers le rouge ($\sim 2.10^9$ années). A titre d'exemple : pour le soleil 1 % seulement de la masse totale se transforme d'hydrogène en hélium toutes les 10^9 années, de sorte qu'il y aurait maintenant seulement 2 % d'hélium dans le soleil à condition qu'il y en ait eu 0 % « au commencement ». Il est dès lors à présumer que la durée de vie future serait de 12.10^9 années.

Que se passera-t-il lorsque l'hydrogène d'une étoile se trouvera presque épuisé ? A ce moment évidemment la production d'énergie ne satisfera plus aux conditions d'équilibre, de sorte que l'étoile se mettra à se contracter. (En fait, cela ressort de l'équation (21) relative au rayon stellaire : z est proportionnel à la concentration d'H.) L'attraction gravifique fournira dans une grande partie de l'énergie. La concentration se poursuivra jusqu'à ce qu'un nouvel état d'équilibre soit atteint. Dans le cas des étoiles légères, de masse inférieure à $6\mu^{-2}$ fois la masse du soleil, le gaz électronique de l'étoile deviendra dégénéré et il en résultera une étoile naine blanche. Or, dans cet état, la production d'énergie requise est extrêmement faible, de sorte qu'une telle étoile aura une durée de vie presque illimitée.

Signalons encore, pour terminer, que la théorie nucléaire des étoiles a également permis d'aborder avec succès la question de la stabilité des étoiles vis-à-vis des changements de température, mais la discussion de ce problème sortirait des cadres de la présente étude.

Il n'est pas interdit de se demander d'autre part dans quelle mesure les phénomènes (récemment découverts par les Joliot-Curie et d'autres chercheurs [10]) de rupture explosive des éléments très lourds (U, etc.), en liaison avec les réactions en chaîne neutroniques, entrent en jeu au sein des étoiles.

Théodore Kahan,
Docteur ès Sciences
(Institut Henri Poincaré).

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

A. S. Eddington : The Internal Constitution of the Stars (Cambridge, University Press, 1926).
G. Gamow et E. Teller : *Phys. Rev.*, 53 (1938), p. 608.
G. Gamow : *Phys. Rev.*, 53 (1938), p. 594.
H. A. Bethe : *Phys. Rev.*, 55 (1939), p. 434.

10. L'auteur compte revenir sur ces phénomènes du plus haut intérêt dans sa prochaine revue de physique.

SUR LE PHOSPHORE TISSULAIRE ET HUMORAL EN PATHOLOGIE COMPARATIVE

LA POSITION ANATOMO-CLINIQUE DES FORMES PURES DE L'OSTEOMALACIE

Cette affection polymorphe, l'une des plus importantes avec le rachitisme dans le grand groupe des ostéopathies de carence, s'observe parfois spontanément chez des aminaux domestiques ou sauvages en assez longue captivité. Elle peut exister, physiologique, chez la femelle gravide des Vertébrés supérieurs. Plus souvent, elle est excentrique d'un cadre nosographique rigide parce qu'elle est compliquée de lésions surajoutées signant une avitaminose, des dystrophies les plus variées, des altérations des glandes endocrines et des gonades. On ne la sépare pas toujours rigoureusement d'autres maladies osseuses, plusieurs manifestations leur étant communes. On peut toutefois relativement individualiser l'ostéomalacie par des caractères anatomiques, par l'image radiologique, par l'hémogramme concernant aussi bien les éléments figurés que les constituants chimiques, par l'analyse du tissu osseux. Pour ne s'en tenir qu'aux points de repère dégagés d'observations faites sur les animaux les plus différents, l'on peut dire que l'ostéomalacie se présente :

Du point de vue anatomique par des lésions osseuses d'inégale importance, siégeant de préférence aux os longs, à ceux plats de ceinture et aux vertèbres des régions dorsale, lombaire et caudale. Les modifications portent à la fois sur la forme et sur la structure : sur la forme, par des courbures, des renflements et soufflures et sur la structure, par une porosité évidente pour toutes les pièces osseuses intéressées. Suivant la gravité de l'atteinte, les articulations peuvent aussi se trouver frappées secondairement par des phénomènes inflammatoires. La musculature n'échappe pas à cet ensemble d'altérations et elle offre une gamme variée de lésions depuis l'amyotrophie névritique simple jusqu'aux myosites sévères, avec infarctus, dégénérescence et nécrose. Ce faisceau de symptômes catégorise un état morbide évident, d'évolution aiguë parfois et alors discontinue et curable, plus souvent lentement mais sûrement chronique, cachectisante et fatale : il reconnaît l'intervention de ce que nous appelons le processus malacique et, il est rare, en face d'un cas typique, de ne pas avoir à porter le diagnostic d'ostéochondro-myomalacie. Dans la forme vraie de l'affection, l'on n'observe pratiquement pas de lésions de l'encéphale et des centres nerveux, non plus de répercussions viscérales, sauf pour les gonades. Les glandes sexuelles sont, en effet, toujours atteintes secondairement dans leurs éléments endocrines ;

Du point de vue radiologique par une raréfaction et une déminéralisation homogènes, sans alternance de zones opaques et de zones claires. Les diaphyses sont davantage intéressées, avec cortex aminci mais conservation du calibre du canal médullaire, les trabéculations du tissu spongieux épiphysaire n'existent plus. La dégénération plutôt que l'ostéoclastie paraît dominer le phénomène de raréfaction et la déminéralisation répond surtout à une calcolyse ;

Du point de vue hématologique par une anémie simple hypochrome, avec souvent une diminution de la valeur globulaire, et une leucocytose à monocytes. L'hypophosphatémie est constante, les éléments qui en font les frais étant le phosphore lipidique et les orthophosphates. L'hypocalcémie suit non moins fidèlement ainsi que l'hypoglutathionémie ;

Du point de vue chimique, après abaissement pondéral de chaque pièce osseuse, même celles paraissant macroscopiquement indemnes, par une réduction de la teneur en matière sèche et, pour celle-ci, davantage de protides et de lipides, moins de cendres.

Voici un résumé de nos observations faites chez des Primates (Macaque), chez des Mammifères autres que les Singes (Chien et Mouton), chez des Oiseaux, chez des Poissons.

Chez les Primates.

Macaque.

Cas typique d'ostéomalacie vraie sans avitaminose, avec importantes lésions osseuses au niveau des vertèbres dorsales et lombaires, moins accusées à la ceinture scapulaire et au membre antérieur qu'à la ceinture pelvienne et au membre postérieur. Prolifération conjonctive, avec nodules adénomateux dans le testicule et hyperplasie simple du lobe antérieur de l'hypophyse. Altérations du système musculaire consistant en amyotrophies névritiques avec selon les points de la musculature considérés, tantôt myosite aiguë secondaire, tantôt myosite chronique.

Radiologiquement, la déminéralisation était homogène, avec lyse calcique d'autant plus nette que les ankyloses osseuses étaient davantage prononcées. La sévérité de l'atteinte, dans notre exemple, autorisait à reconnaître une ostéo-chondro-myomalacie, avec déformations prononcées claviculaires, costales et du bassin.

Au point de vue hématologique, léger degré d'anémie, avec diminution de la valeur globulaire, et importante monocytose. Hypophosphatémie intéressant le phosphore minéral et celui nucléoprotéidique, avec hypocalcémie et hypoglutathionémie. L'élévation de la lipémie concernait aussi bien les acides gras que le cholestérol.

Albumosurie de type Bence-Jones, avec forte hyperphosphaturie abaissant le rapport uréo-phosphorique et réduction de l'élimination urinaire du soufre.

En ce qui concerne le tissu osseux, pour l'ensemble du squelette, déficit pondéral accusé pour chacune des pièces osseuses par opposition à celles d'un sujet indemne et abaissement du pourcentage de matière sèche globale : augmentés sont les taux de protéines et de lipides, fortement diminué, puisque ramené au tiers du chiffre normal, est celui des substances minérales.

Chez les Mammifères.

Chien.

En conclusion, exemple d'ostéomalacie pure non compliquée d'avitaminose. Altérations évidentes de la colonne vertébrale siégeant aux régions lombaire et caudale. Respect du squelette céphalique, de la ceinture scapulaire et du membre antérieur ; asymétrie pelvi-iliaque. Seules atteintes très pro-

fondes et importantes concernent le membre postérieur, avec usure et disparition des assises fibro-cartilagineuse et cartilagineuse des surfaces articulaires. Lésions musculaires les moins accusées relèvent des myopathies primitives à forme polynévritique, aussi cachectique; celles plus sérieuses, du membre inférieur singulièrement, rappellent les amyotrophies névritiques, parfois compliquées d'infarctus et de dégénérescence pigmentaire; celles, enfin, tout à fait graves ressortissent soit aux myosites aiguës hyperémiques, soit aux dégénérescences, avec hyperplasie et nécrose mais aseptique en relation avec des névrites segmentaires. Pas de répercussion viscérale.

A l'examen radiologique, modifications morphologiques importantes. Amincissement de la corticale diaphysaire, avec conservation du calibre interne des os longs. Suppression de trabéculation dans le tissu spongieux épiphysaire. Absence de cavités kystiques et d'ilôts de tissu ostéoïde. Chondromalacie allant de pair avec l'ostéo- et myomalacie.

Les hémogrammes révèlent une anémie simple hypochrome et une leucocytose à monocytes. Intervient aussi une hypophosphatémie intéressant principalement le phosphore minéral et le phosphore lipoïdique; s'y ajoutent encore des diminutions des taux de calcium et de glutathion réduit.

Moindre densité de chaque pièce osseuse considérée isolément. Ensemble du squelette pondéralement plus léger. Réduction du pourcentage de matière sèche, celle-ci constituée par davantage de matières organiques, lipides et matières azotées et par moins de cendres.

Mouton.

Six cas d'ostéomalacie typique, sans intervention d'une carence en vitamines. Armature crânienne inaltérée, les lésions frappant les portions dorsale et lombaire du squelette axial siègent de préférence aux apophyses épineuses des vertèbres. Atteintes évidentes des côtes et de la ceinture scapulaire et tout à fait sévères de celle pelvienne et du membre postérieur. Disparition des tubérosités, crêtes et, plus généralement, de tous accidents de surface des fémurs et tibias, avec délabrements articulaires majeurs. Musculature est le siège d'amyotrophies à divers degrés de gravité. Disparition des travées des épiphyses et réduction d'épaisseur des diaphyses ramenées à un cortex parcheminé et dépressible. Chondromalacie, arthrite aiguë non suppurée avec infiltration séro-muqueuse des synoviales. Aucune ébauche d'ossification enchondrale et de remaniement tant est perturbée la nutrition de la matrice conjonctive ossifiable. Lésions viscérales localisées aux gonades. Dans le testicule, prédominance des éléments sertoliens dans les tubes séminipares atrésiés et grand développement de la glande interstitielle puissamment vascularisée. Dans l'ovaire, microkystes à la surface d'un organe enflammé et scléreux, avec dégénérescence des follicules après avortement du plus grand nombre; dans les rares ovisacs mûrs, l'assise de cellules épithéliales en prolifération exagérée étouffe l'ovule.

Anémie simple avec leucocytose à monocytes; hypophosphatémie atteignant plus spécialement les valeurs exprimant le phosphore lipoïdique et le phosphore minéral; glutathionémie abaissée.

Perte de poids pour tous les os du squelette considérés isolément. Moindre teneur en solides et, pour celles-ci, relèvement des pourcentages de graisses et de protéines, abaissement de celui des substances minérales.

En ce qui concerne la laine, déficit pondéral atteignant 56,4 p. cent en moyenne avec, comme conséquences, du point de vue chimique, moins de matière sèche, moins de protéine, moins de cendres. Déminéralisation de la laine portant exclusivement sur le phosphore comme l'indique l'élévation de valeur du rapport CaO/P^2O^5. Industriellement, prédominance de la blousse sur le peigné.

Chez les Oiseaux.

Vingt-huit observations de forme pure de la maladie, plus commune chez les espèces carnassières et ichtyophages que chez celles frugivores et granivores. Seuls ont été retenus les cas non compliqués d'avitaminose, fréquente chez les Oiseaux en captivité. A l'inverse des autres espèces animales, les lésions propres à l'ostéomalacie intéressent l'ensemble du squelette. Altérations très graves des os plats et longs, de ceux de la voûte crânienne, de la face et du bec, avec lyse de leurs soudures et atteintes plus ou moins sévères des articulations. Chondrolyse des disques intervertébraux et de plusieurs jonctions costo-sternales, avec laxité du bréchet. Désinsertions ligamentaires concernent les ceintures scapulaire et pelvienne. Ostéolyse focale et raréfactions homogènes au niveau des os longs du squelette des membres. Dilatation du canal médullaire, avec amincissement de la diaphyse sans que les épiphyses soient trop gravement intéressées.

Lésions de la musculature le plus souvent parenchymateuses, se rattachant aux amyotrophies neuro-myopathiques; interviennent plus rarement une myosite chronique avec sclérose fibrillaire ou de la dégénérescence vacuolaire de la substance

contractile des fibres. Atrophie torpide à fibres mêlées chez les percheurs, atrophie évolutive, avec réduction de la contractilité et maximum d'impotence chez les non-percheurs.

Radiologiquement, images de raréfaction régulière par dégénération plutôt que raréfaction par ostéoclastie. Déminéralisation uniforme, la calcolyse pouvant jouer en même temps que se présente une ostéogénèse insuffisante. Vacuolisations du tissu spongieux.

Les altérations viscérales consistent, pour les deux sexes, en congestion passive du foie avec dégénérescence, atrophie plus ou moins accusée du thymus et, chez les mâles, arrêt de spermatogénèse dû à l'envahissement des tubes séminipares par leurs éléments sertoliens et, chez les femelles, dégénérescences folliculaires avec prolifération du tissu conjonctif ovarien; absence de lésions des centres nerveux dans la forme pure de l'affection.

L'enseignement hématologique se traduit par une anémie hypochrome avec leucocytose à monocytes. L'hyperazotémie intéresse à la fois les chiffres exprimant l'azote non protéique et l'urée. L'hypophosphatémie, constante, porte toujours sur les formes du phosphore minéral, organique soluble dans les acides et nucléoprotéidique. Il y a encore une baisse évidente des taux de calcium et de glutathion réduit.

Du point de vue chimique, les os des sujets malades contiennent moins de substance sèche et, dans celle-ci, toujours moins de cendres. Il ne semble pas toutefois que la déminéralisation soit aussi accusée que pour les autres espèces animales ostéomalaciques. Il résulte de l'interprétation du rapport Ca résiduel/P résiduel, calculé pour la plume, que le phosphate tricalcique n'est pas le constituant phospho-calcique exclusif et que si l'activité de l'ion $PO^4H^{2''}$, en milieu biologique, est plus grande que celle de l'ion $PO^{4'''}$ pour cette production conjonctive chez le sujet normal, elle est, à l'inverse, la plus faible au cours de l'ostéomalacie.

L'ostéomalacie chez les poissons.

Confondue parfois avec d'autres dystrophies osseuses, déformantes ou non, l'ostéomalacie pisciaire s'observe dans les élevages de Cyprinidés, d'autant plus fréquente que l'on s'éloigne davantage des conditions naturelles. Nous en avons recueilli plusieurs cas chez la Carpe. Ce sont ces observations que je vais maintenant résumer en commençant par les données anatomiques.

Lésions des os.

Squelette céphalique: le moins atteint, ne montrant jamais de déformation mais révélant, à l'examen radiographique et à l'analyse, une moindre minéralisation. L'intégrité des os aussi bien de cartilage que de membrane paraît respectée. Une dissection fine opérée chez les plus gros spécimens la confirme pour les quatre régions du crâne. La grande laxité articulaire observée chez tous les animaux atteints d'ostéomalacie— l'ankylose est de type algique — ne fait pas défaut chez les poissons et les bases d'insertion sont aussi altérées : exoccipitaux (avec la colonne vertébrale), dans la zone occipitale; épiotique (avec la ceinture scapulaire) et ptérotique (avec le suspenseur de la mâchoire), dans la zone optique. La connexion du basisphénoïde et du basi-occipital est à peine accusée dans la région optique ni la réunion des orbitosphénoïdes, l'arcade sus-orbitaire et le dôme parasphénoïdal n'offrent rien de particulier. La soudure du crâne cartilagineux aux capsules nasales conserve sa perfection, avec toutefois une réduction de saillie antéro-orbitaire pour les deux ecto-ethmoïdes. Ni le vomer ni les maxillaires et prémaxillaires ne sont morphologiquement modifiés par l'affection.

Squelette branchial en liaison très étroite avec les altérations musculaires, l'appareil mandibulaire est influencé, au moins en ce qui concerne la mâchoire inférieure; l'ossification du cartilage de Meckel est particulièrement fragile. Il apparaît même qu'une résorption incomplète est consécutive au processus ossificateur initial. Cette régression, si elle est visible au cours de la plupart des dystrophies osseuses, est constamment notée dans l'ostéomalacie. La multiplicité des sutures expliquerait l'inégalité d'extension des phénomènes malaciques. L'arrêt d'ossification apparaît aussi dans le caractère précaire de la continuité hyomandibulaire-symplectique par le stylhyal; la liaison des deux voussures hyoïdiennes est moins intime.

Quant aux cinq arcs branchiaux, la plénitude de minéralisation n'est plus atteinte : elle est optimum avec la fusion des basi-brachiaux au cérato-branchial d'où maintien de l'intégrité morphologique et fonctionnelle de l'os pharyngien inférieur. Les facteurs commandant à une bonne mastication — l'armature buccale est indemne —, étant conservés, le relativement bon état sanitaire des poissons ostéomalaciques devient explicable. Les zones d'ossification des quatre autres segments sont hétérogènes et le tissu cartilagineux, localisé aux extrémités chez les sujets sains, s'étend aux dépens des os de membrane. Semblable observation peut être faite relativement à l'os entoglosse qui subsiste cartilagineux.

Squelette axial: l'ossification de la colonne vertébrale conserve sa perfection; seule, la minéralisation, singulièrement la calcification, se fait l'écho

des troubles du métabolisme. La disparition du tissu cartilagineux est totale et l'affaissement et la résorption des sinus existant entre la gaine et la corde sont complets. Par rapport à des sujets normaux, l'on note une calcolyse de la gaine spinale aux points d'abouchements des ébauches cartilagineuses des arcs; l'ossification s'étend aux segments intervertébraux de la corde; elle débute au niveau de la couche corticale externe, véritable assise fonctionnant comme un périoste. Les hémapophyses restent cartilagineuses.

La minéralisation du rachis fibreux parallèle à la colonne vertébrale est moins prononcée. Ni les côtes osseuses, ni les arêtes ne présentent d'altérations visibles. L'ossification aponévrotique suit son cours; seule la calcification est déficiente.

Membres impairs, pairs supérieur et inférieur: il en va ainsi pour l'armature rigide des membres. Il n'est guère possible macroscopiquement de dégager une quelconque modification externe au si bien pour la crête pseudo-osseuse médiane que pour les rayons de la nageoire. Les apophyses épineuses ne sont pas extérieurement changées d'aspect, pas davantage les rayons inter-épineux qui leur sont en relation. L'on sait, que, chez les Téléostéens, les constituants de la ceinture scapulaire sont absolument internes formant une chaîne osseuse s'articulant directement avec les os craniens. Les rayons sont au maximum de leur développement, l'ossification y paraît en tous points normale, à la richesse en sels minéraux près.

Système musculaire: les myomères tant dorsaux que ventraux conservent leur aspect normal et leur fermeté. Il y a lieu toutefois de distinguer entre les muscles innervés par le facial et ceux qui le sont par le trijumeau. Parmi les premiers, l'adducteur de l'arc palatin, le rétracteur de l'hyo-mandibulaire, les génio- et hyo-hyoïdien sont enflammés, témoignant d'une anormale laxité. Les masséters, temporaux et ptérygoïde sont moins atteints et n'offrent pas, histologiquement, d'image particulière. Les satellites myoméridiens agissant sur les nageoires dorsale et caudale paraissent indemnes d'altération encore que les dites nageoires soient frappées d'une mobilité réduite. Les digitations tendineuses des coracobranchiaux et même l'ensemble des muscles coraco-hyoïdiens et coraco-mandibulaires restent insensibles aux altérations des os sur lesquels ils s'insèrent. Le coraco-hyoïdien des ostéomalaciques, pièce très individualisée chez les poissons qui nous occupent, ne se différencie pas, à l'examen microscopique, de celui des sujets sains. Il en va de même pour les muscles de la région basilaire des nageoires paires.

Lésion des viscères.

Gonadiquement, le mésentère post-thoracique qui s'étend depuis la région des nageoires ventrales jusqu'à la terminaison postérieure révèle l'existence de phénomènes inflammatoires propagés des éléments veineux de la muqueuse aux circonvolutions épithéliales, gagnant de proche en proche les gaines nerveuses et les filets mésentériques. Dans plusieurs cas, nous avons noté une infiltration kystique du stroma ovigère et un état fibreux du mésovarium, ce qui n'est pas pour nous surprendre puisque nous avons toujours relevé des altérations des glandes sexuelles, portant de préférence sur l'élément noble, au cours de l'ostéomalacie. L'atrésie de l'oviducte est notable à son point de départ utérin. L'ovaire gauche reste plus développé que le droit.

Chez les mâles, il y a une diminution sensible de la lumière des canicules spermatiques. Les canaux déférents offrent d'inhabituelles travées fibreuses, constrictives, avec orifice punctiforme. La formation des spermatoblastes est tarie.

Radiologiquement, nous avons confirmation de l'intégrité du squelette céphalique et de l'atteinte de celui axial. Une zone d'ombre uniforme occupe l'emplacement de la colonne vertébrale à partir des exoccipitaux. Avant dissection fine, les nageoires correspondant aux membres pairs et celle caudale soumises aux rayons Roentgen ne révèlent aucune espèce d'opacité, n'offrent aucune structure visible; elles se confondent, comme toutes les pièces décalcifiées, avec les grandes masses de la musculature. Certains organes, au premier rang desquels il faut mentionner la vessie natatoire, allongée et irrégulièrement multiloculée, se font l'écho des grandes déformations de structure. Cette atrophie de la poche gazeuse et un certain déplacement des muscles abdominaux dans le sens latéro-latéral modifient la position de nage par mutation du centre de gravité. L'incoordination motrice domine largement le tableau et, pour le sujet atteint, à égalité d'efforts, les possibilités de mouvement en avant et en haut restent des plus réduites.

L'examen du sang a donné :

	Sain	Ostéomalacique
	—	—
Erythrocytes	880.000	600.000
Hémoglobine	3,2	2,1
Valeur globulaire	36,3	35,0
Leucocytes	1.400	3.000
Lymphocytes	89	81
Divers	11	19

soit une anémie simple avec leucocytose.

Les diverses analyses portant sur le tissu osseux et les productions conjonctives m'ont donné :

	Sain			Ostéomalacique		
	$CO^3CaPO^4)^2$	$Mg^3PO^4)^2$	Ca^3	$CO^3CaPO^4)^2$	$Mg^3PO^4)^2$	Ca^3
Ensemble des os de la tête	20,10	6,83	73,07	22,16	3,74	74 10
— des nageoires paires	20,13	9,54	70,33	12.06	4,80	83.14
Squelette axial	27,68	3,14	69,18	21,13	1,26	77,61
— operculaire	20,59	3,62	75,79	15,02	3,78	81,20
Ecailles	10,16	16,42	73,42	6,88	17,13	75,99

Du point de vue chimique, l'examen du sang a fourni les chiffres ci-dessous :

	Sain	Ostéomalacique
Protéines totales du sérum	1,68	1,63
dont :		
Albumine	0,49	0,54
Globuline	1,19	1,09
Phosphore total	139,1	108,2
— lipoïdique	25,2	24,6
— organique sol. ac.	34,6	30,1
— minéral	6,9	3,9
— nucléoprotéidique	72,4	49,6

Si nous trouvons peu de variations dans le chiffre global des protéines et sensiblement la même valeur pour le rapport sérine/globuline, nous constatons, évidente, une hypophosphatémie portant spécialement sur le phosphore minéral et sur celui nucléoprotéidique.

En résumé, les cas recueillis ne montrent aucune altération anatomique des quatre régions céphaliques. Atteinte incontestable des squelettes branchial et axial, avec inégale extension du processus malacique et arrêt partiel d'ossification. En bien des points, prédominance du tissu cartilagineux sur celui des os de membrane. Déminéralisation de la colonne vertébrale avec calcolyse segmentaire de la gaine spinale, maintien de l'état cartilagineux des hémapophyses, raréfaction minérale du rachis fibreux parallèle à l'axe, réduction de la calcification aponévrotique. Pas de lésions de l'endostructure des nageoires aussi bien pour les membres impairs que pour ceux pairs, supérieur et inférieur.

Inflammation localisée de la musculature, avec amyotrophies.

Altérations viscérales n'intéressant guère que la vessie natatoire, déformée, et surtout les gonades. Chez les femelles, maintien de l'inégalité de développement entre les organes droit et gauche, atrésie oviductale notable à son point de départ utérin, avec parfois infiltration kystique du stroma ovigère et fibrosité du mésovarium et, toujours inflammation du mésentère post-thoracique. Chez les mâles, arrêt de formation des spermatoblastes, apparition de travées fibreuses dans les canaux déférents et atrésie des canalicules spermatiques.

A l'examen radiologique, déminéralisation homogène, moindre pour le squelette céphalique, accusée pour celui axial; importante décalcification des nageoires paires et de la caudale.

L'hémogramme révèle l'existence d'une anémie simple avec leucocytose, la conservation de la valeur du rapport sérine/globuline sans que soient modifiés les chiffres concernant les protéines totales plasmatiques, une hypophosphatémie localisée préférentiellement au phosphore minéral et au phosphore nucléoprotéidique.

L'analyse des cendres des os montre constamment une diminution du taux de phosphate trimagnésique chez les sujets ostéomalaciques, une augmentation de ceux de phosphate tricalcique et de carbone de chaux.

La phosphatémie chez le chien dans ses rapports avec les lésions inflammatoires des os.

De nombreux dosages de phosphore sanguin chez diverses races de chiens, l'on peut d'après nos chiffres établir les moyennes ci-dessous, calculées sur au moins vingt sujets de chaque race et de chaque sexe.

	Phosphore				
	Total	Lipoïdique	Organique soluble dans les acides	Minéral	Nucléoprotéine
Race Setters Irlandais					
— (m.)	41,6	13,6	21,9	3,0	3,1
— (f.)	44,2	11,9	22,6	7,6	2,1
Setters Gordon					
— (m.)	40,6	12,2	21,3	5,1	2,0
— (f.)	39,1	14,1	20,4	1,3	3,3
Braque d'Auvergne					
— (m.)	36,3	13,2	20,9	0,5	1,7
— (f.)	42,1	13,1	21,6	4,0	3,4
Epagneul Breton					
— (m.)	40,4	15,2	20,4	2,7	2,1
— (f.)	38,5	14,3	19,9	2,3	2,0
Bouvier des Flandres					
— (m.)	38,3	12,6	18,2	5,5	2,0
— (f.)	38,3	13,9	19,4	3,9	2,1

Négligeant d'autres affections osseuses et, parmi elles, les différents types individualisés d'ostéoporoses, nous avons voulu connaître la nature des variations pour les divers taux du phosphore du sang au cours du processus ostéitique[1]. Les commémoratifs intéressant peu, je me borne à résumer l'essentiel des lésions observées :

a) *Ostéite d'origine traumatique:* intense congestion et tuméfaction du périoste avec raréfaction osseuse. Elargissement considérable des canaux de Havers avec rubéfaction homogène de la moelle, nettement teintée mais non hémorragique. Pas de suffusions sanguines à ce niveau : 42,7; 13,6; 23,2; 3,8; 2,1;

b) *Ostéite d'origine traumatique:* très importante réaction périostée, avec résorption du tissu osseux diaphysaire. Canaux haversiens très dilatés, comme on les observe dans beaucoup d'ostéoporoses. Hyperplasie de la moelle osseuse gorgée de capillaires de néoformation, sans trace visible de réparation : 38,3; 14,1; 18,6; 4,1; 1,5;

c) *Ostéite chronique hypertrophiante:* prolifération périostée avec, comme point de départ, son assise la plus interne, sans trace de productions ostéoïdes. Les lésions siègent aux diaphyses, respectent le cartilage de conjugaison, le tissu spongieux épiphysaire comme elles le font pour les os courts. Le phénomène inflammatoire s'étend à l'articulation tibio-fémorale. La moelle osseuse hyperémiée est hémorragique, sans infiltration leucocytaire. Absence de néoformations réparatrices : 44,0; 16,2; 22,8; 2,9; 2,1;

d) *Ostéo-arthrite hypertrophiante:* intense résorption osseuse sans production de tissu ostéoïde. Lésions étendues intéressant le tissu compact diaphysaire. Calibre des canaux de Havers augmenté et irrégulier. Couches sous-périostées hémorragiques. Epiphyses hypertrophiées. Résorption du revêtement fibro-cartilagineux par places. Infiltrations séro-muqueuses de la synoviale. Quelques ecchondroses en voie d'ossification : 47,4; 18,3; 23,8; 3,1; 2,2;

e) *Ostéite chronique nécrotique:* graves atteintes d'ostéo-chondrite des os longs, bilatérale, aseptique. Productions ostéophytiques à la périphérie de la diaphyse, avec atrésie aréolaire, diminution de la lumière des canaux de Havers et du calibre du cylindre médullaire. Moelle congestionnée, uniformément rouge, sans suffusions. Alternance de zones de condensation et de raréfaction. Exostoses formées de tissu compact. Important décollement épiphysaire, avec dégénérescence du cartilage hyalin. Nécrose des trabécules qui ont perdu leur structure normale : 47,3; 19,7; 23,0; 2,4; 2,2;

f) *Ostéomyélite du fémur:* moelle osseuse ischémiée, avec grande infiltration leucocytaire. Canaux de Havers perforés et usés, avec exsudat purulent dans la diaphyse, gagnant de proche en proche, et se collectant dans le cylindre médullaire comblé par un tissu hyperplasié. Plages ostéo-périostiques, non fistulisées, contiguës à des foyers de dégénérescence caséeuse. Les épiphyses sont indemnes ainsi que les assises fibro-cartilagineuses des cavités articulaires : 36,3; 20,3; 11,8; 3,1; 1,1;

g) *Ostéomyélite, avec grandes collections purulentes et nécrose:* comblement des sinus médullaires par un exsudat purulent s'étendant au périoste et aux épiphyses par lyse suppurative du cartilage de conjugaison. Trabéculation et aréoles du tissu spongieux non visibles. Evidentes lésions de carie et substitution au système haversien de géodes sanieuses et remplies d'un pus louche et visqueux. Synoviale hyperémique, avec capsule abcédée et infiltrations diffuses péri-articulaires : 42,6; 19,9; 16,4; 4,1; 2,2.

Il ne semble pas que les affections inflammatoires du tissu osseux exercent une répercussion sur le taux global du phosphore du sang. Sans doute, pourrait-on relever une hypophosphatémie discrète mais ce qui se dégage avant tout c'est une très nette élévation du pourcentage de phosphore lipidique.

La phosphatémie au cours des néphrites chez les oiseaux.

Comme pour les autres classes de vertébrés, il y a physiologiquement, chez les oiseaux, une hyperphosphatémie du jeune âge. Sous l'angle pathologique, l'hyperphosphatémie est évidente au cours des néphrites chroniques (si communes chez les oiseaux en captivité quel que soit leur régime alimentaire), de la dégénérescence graisseuse du foie, de la leucémie chronique. L'hypophosphatémie est encore accusée pendant les maladies infectieuses atteignant plus spécialement l'appareil respiratoire et les organes hématopoïétiques, au cours du rachitisme et de l'ostéomalacie, plus généralement lorsque les perturbations du cycle phospho-calcique ne permettent plus d'envisager un retour à la normale, encore avec les dégénérescences des surrénales et la plupart des néphroses, avec les cirrhoses et les tumeurs hépatiques[1].

1. Pour éviter la disposition tabulaire, j'indique, une fois pour toutes, que le premier chiffre correspond au phosphore total, le second à celui lipoïdique, le troisième à celui organique soluble dans les acides, le quatrième à celui minéral (orthophosphates), le dernier à celui nucléoprotéidique.

1. Cf. La Phosphatémie au cours des maladies aviaires, *C. R. des travaux du IX^e Congrès International d'Ornithologie*, Rouen, mai 1938.

	Phosphore				
	Total	Lipoïdique	Organique soluble dans acides	Minéral	Nucléoprotéine
	—	—	—	—	—
Gallus gallus (poule) Leghorn blanche					
Normal	84,2	10,2	21,6	2,4	50,0
Néphrite épithéliale dégénérative	80,2	8,1	16,2	2,5	53,4
Néphrite interstitielle	66,3	8,0	13,1	2,9	42,3
Columbia livia (pigeon)					
Normal	182,5	34,3	57,1	1,2	89,7
Adénome nodulaire du rein	213,2	48,2	71,3	2,0	91,7
Anser anser (oie)					
Normal	138,2	21,6	40,2	3,1	73,3
Néphrite interstitielle	99,1	18,2	26,2	2,8	51,9
Phasianus colchicus (faisan)					
Normal	113,6	12,4	27,4	2,2	71,6
Néphrite interstitielle	91,2	6,4	20,2	2,6	61,8
Sirmaticus reevesi (faisan)					
Normal	116,9	16,6	22,4	3,1	74,8
Néphrite interstitielle	84,3	8,8	21,6	3,3	50,6

De quelques modifications humorales et du tissu osseux après castration chez les oiseaux.

Mes recherches concernant le canard domestique, race Pékin, mâle et femelle[1]. L'orchidectomie totale et l'ovariectomie gauche ont été pratiquées sur des sujets âgés de cinq semaines en moyenne, sacrifiés à quatre mois.

L'hémogramme rouge donne : mâle : normal : 2.525.000 glr., 9,61 hémoglobine, 38,0 val. glob. ; castré : 2.630.000 glr., 9,74 hémoglobine, 37,0 val. glob.

Femelle : normale : 2.610.000 glr., 9,62 hémoglobine, 36,8 val. glob. ; castrée : 2.700.000 glr, 9,51 hémoglobine, 35,2 val. glob.

D'où moindre qualité de l'hématie et moindre potentialité respiratoire sanguine chez le canard gonadectomisé.

L'hémogramme blanc donne :

	Mâle		Femelle	
	Normal	Castré	Normale	Castrée
	—	—	—	—
Leucocytes	14.000	16.200	14.100	16.600
Polynucl. hétéro	42	41	40	42
Pseudo-éosino	2	5	1	4
Basophiles	3	4	3	4
Mononucl. mono	23	17	24	16
Lymphocytes	30	31	31	31
Divers	0	2	1	3

D'où hyperleucocytose, avec augmentation portant sur le nombre des pseudo-éosinophiles et diminution atteignant celui des monocytes.

La marche des phénomènes d'ossification diaphysaire et épiphysaire est perturbée après castration pré-pubérale. Alors que les premiers évoluent normalement, l'on constate un ralentissement évident autant dans le processus formatif que dans celui d'imprégnation calcique du tissu pré-osseux épiphysaire. Le cartilage fertile qui assure l'allongement de la diaphyse est beaucoup plus important dans l'os du sujet castré que dans celui de l'animal entier. Comme chez l'Homme, comme chez les Mammifères, le cartilage de conjugaison de l'os long des oiseaux préside, par ossification enchondrale, à la croissance en longueur ; les zones de cette augmentation se situent aux limites diaphyse-épiphyse. Les données radiologiques et histologiques sont concordantes pour montrer un retard dans la soudure des extrémités, sensiblement au même degré pour les membres supérieurs et inférieurs, dû à la persistance du cartilage de conjugaison.

Les modifications chimiques portant sur la matière minérale de l'os paraissent peu importantes. J'admets, avec Policard et Roche[1] que tout l'acide carbonique de la substance osseuse existe à l'état de carbonate de calcium, tout le magnésium, sous forme de phosphate trimagnésique. Le terme « Ca résiduel » désigne la différence : Ca total — Ca de CO^3Ca et celui « P résiduel », la différence : P total — P de $PO^4)^2Mg^3$.

1. L'exposé complet de nos travaux sera publié dans l'*Oiseau et la Revue française d'Ornithologie*.

1. *Ann. Physiol. et Physicochimie biol.*, t. XIII, n° 4, p., 645 1937.

Rapport : $\frac{PO^4)^2 Ca^3}{CO^3 Ca}$

	Mâle		Femelle	
	Normal	Castré	Normale	Castrée
Ensemble des os de la tête	8,55	8,22	9,12	7,68
Vertèbres	6,99	8,15	8,12	8,47
Côtes et sternum	8,46	8,38	8,99	8,98
Ceinture scapulaire	8,05	8,22	7,91	7,96
— pelvienne	7,84	8,44	7,27	8,03
Os longs, m. sup	7,45	9,38	7,28	7,94
Métacarpiens	8,50	10,27	8,23	7,73
Os longs, m. inf	7,30	8,36	6,91	8,74
Métatarsiens	8,28	8,09	7,63	8,30

Rapport : $\frac{Ca \text{ résiduel}}{P \text{ résiduel}}$

	Mâle		Femelle	
	Normal	Castré	Normale	Castrée
Ensemble des os de la tête	1,95	2,03	2,03	2,12
Vertèbres	1,85	1,83	1,91	2,06
Côtes et sternum	1,89	1,75	1,97	1,82
Ceinture scapulaire	1,94	1,89	2,04	2,04
— pelvienne	1,97	1,78	1,87	1,75
Os longs, m. sup	1,95	1,91	1,98	1,94
Métacarpiens	1,82	1,80	1,91	2,00
Os longs, m. inf	1,97	2,03	2,06	1,81
Métatarsiens	1,85	1,73	2,06	1,82

De ces chiffres, nous pouvons conclure à une discrète viciation des processus de calcification de la matrice conjonctive ossifiable, se traduisant par un moindre dépôt de calcium dans l'os des sujets castrés ; le trouble est plus accusé chez le mâle que chez la femelle.

Le rapport $PO^4)^2Ca^3/CO^3Ca$ est légèrement modifié au bénéfice du phosphate tricalcique, ce qui indiquerait, chez l'animal castré, le maintien relatif d'une jeunesse osseuse.

R. Salgues.

Mars 1939.

(Fondation Salgues de Brignoles (Var), pour le développement des Sciences biologiques).

BLESSURES, HORMONES ET EVOLUTION

Les opinions les plus contradictoires ont été émises sur la signification des réactions des végétaux aux blessures. Elles font souvent apparaître des modifications de structure ou des organes qui n'existent pas normalement dans la plante saine. Certains prétendent que ces transformations constituent un retour à des structures ancestrales disparues, d'autres estiment qu'elles annoncent l'évolution future.

Pour raisonner avec quelque sécurité en cette matière, il faut étudier un groupe où le sens d'évolution des caractères soit connu pour d'autres raisons. Le groupe des Abiétinées qui a fait l'objet des beaux travaux de Mlle Flous fournit l'exemple de choix pour une semblable étude. Il permet d'étendre aux Conifères en général, les sens d'évolution établis pour lui. On peut donc discuter, pour les Conifères, sur des bases solides. Ce groupe sera seul utilisé ici.

Les faits connus.

Exposons rapidement ce que l'on sait sur l'action des traumatismes chez les Conifères.

Modifications de tissus.

D'abord, voici quelques exemples relatifs aux **canaux résinifères.** Normalement, à l'état sain, Cèdres et Sapins n'ont pas de canaux dans le bois secondaire alors que les Pins en possèdent. Les traumatismes font apparaître des canaux dans

le bois secondaire des Cèdres et des Sapins. JEFFREY (1924), qui signale ce caractère, admet que les canaux sont une protection contre l'infection lors des blessures. L'évolution est pour lui vers la disparition. Le traumatisme provoquerait la réapparition d'un caractère ancestral. Pour PENHALLOW (1907) le canal est la forme évoluée des organes sécréteurs qui débutent d'après lui par des cellules isolées. Les canaux traumatiques seraient donc l'annonce de l'évolution future[1].

Alors que les Pins ont des canaux verticaux et horizontaux, les blessures font apparaître les deux types chez les Cèdres et seulement le type vertical chez les Sapins. Il y a là une indication très nette du caractère intermédiaire du Cèdre entre les Pins et les Sapins.

Suivant qu'on admet l'opinion de JEFFREY ou celle de PENHALLOW on devra considérer l'ordre évolutif : Pin, Cèdre, Sapin ou au contraire : Sapin, Cèdre, Pin. On voit comment des opinions sur la filiation des groupes dérivent de questions de ce genre.

Ainsi chez *Brachyoxylon*, type d'Araucaria secondaire, des canaux résinifères comme ceux du Pin apparaissent dans les tissus cicatriciels. JEFFREY y voit la preuve d'un ancêtre commun avec les Pins mais aussi la preuve que les Abiétinées ne dérivent pas des Araucariacées, question controversée.

Les Taxodiacées et Cupressinées n'ont, en général, pas de canaux résinifères dans le bois; le genre *Sequoia* fait exception. Chez *Sequoia gigantea*, le bois de première année, le pédoncule, l'axe et les écailles du cône, les traces foliaires des feuilles vigoureuses ont des canaux résinifères. Chez *Sequoia sempervirens* les canaux sont absents mais JEFFREY (1903) a montré qu'ils apparaissent dans la racine et la tige après traumatisme. Par d'autres caractères on admet en général que Taxodiacées et Cupressinées sont plus évolués dans l'ensemble que les Abiétinées. Ces faits sont favorables à l'idée de réapparition de dispositions ancestrales par traumatisme.

Si nous quittons les canaux pour les **éléments du bois,** il y a d'autres faits à signaler :

Les thylles dans les trachéides ont pour CHRYSLER (1908) une signification analogue à celle des canaux résinifères. Parmi les Abiétinées ils existent à l'état sain uniquement chez les Pins. Par traumatisme ils apparaissent dans les autres genres. Là aussi on peut interpréter dans un sens ou dans l'autre. Mais d'après de très nombreux caractères les Pins sont primitifs. Il est donc préférable de considérer que le traumatisme est une cause de rappel d'un caractère ancestral.

Dans les rayons médullaires, parmi les rangées de cellules superposées, certaines présentent des ponctuations, on les a appelées : **trachéides des rayons** ou **trachéides transversales.** Elles sont caractéristiques des Abiétinées mais n'existent pas dans les genres *Abies* et *Pseudolarix*. Par traumatisme elles ont apparu chez *Abies amabilis* *A. concolor*. PENHALLOW interprète ce fait comme l'annonce de l'évolution classant le genre *Abies* comme primitif; JEFFREY y voit un rappel d'état antérieur, *Abies* étant évolué. Ici encore l'opinion de JEFFREY paraît la vraie étant donné ce qu'on sait par ailleurs.

Chez les Cupressinées, à l'état normal, seul *Chamaecyparis nootkaensis* possède des trachéides des rayons. Par traumatisme les autres Cupressinées étudiées en acquièrent. A la partie blessée il y a hypertrophie des tissus; un peu plus loin seulement apparaissent les trachéides qu'on peut interpréter comme caractère ancestral.

En résumé, pour les canaux résinifères, les thylles et les trachéides on peut admettre l'idée du retour ancestral.

Passons aux **rameaux nains** des Pins. THOMSON (1926) a décrit un rameau nain blessé de *Pinus excelsa* où les feuilles étaient nombreuses et a estimé que c'était un retour à un type ancestral. Bien que favorable à l'opinion émise ci-dessus cette observation me paraît prêter le flanc à quelque critique. Au lieu d'un rameau nain polyphylle, ne s'était-il pas formé le long de la blessure plusieurs rameaux nains coalescents ?

Il faut bien reconnaître qu'admettre tous ces retours ancestraux paraît aller à l'encontre de la loi d'irréversibilité de l'évolution. Si la disparition d'un caractère est liée à la perte d'un gène correspondant, on voit mal comment ce caractère peut réapparaître. Il y a là une difficulté réelle et si nous voulons continuer à admettre le retour ancestral il faudra donc lever cette objection.

Mais d'autres faits vont renverser la question : BOUREAU (1938) a montré que, **dans les plantules de Conifères,** la blessure entraîne une accélération très nette dans l'évolution de l'appareil conducteur. Ainsi dans une racine apparaît presque une structure de tige dans la partie lésée entre deux structures de racine dans les parties saines au-dessus et au-dessous de la blessure.

1. BANNAN (1936) estime que la tribu des Pinées ne réagit pas comme celle des Abiétées et admet que la réponse au traumatisme par la formation des canaux est un caractère évolué.

Ici, très nettement, le traumatisme provoque l'évolution et non le retour ancestral [1].

Le même auteur sectionnant l'extrémité de la racine provoque un retard général de l'évolution vasculaire dans la plantule mais une accélération locale au niveau de la section. Nous voyons apparaître une action à distance qui n'est sans doute pas dû au traumatisme en lui-même mais à la perte de l'extrémité de la racine siège d'auxines et hormones utiles à la formation de nouveaux tissus. Je crois qu'il faut seulement retenir ici l'accélération locale, donc l'évolution et non le retour ancestral.

Je ne crois pas pouvoir commenter la formation de trachéides de tissu de transfusion chez les racines d'*Araucaria imbricata* et *Libocedrus decurrens* observé par Boureau après traumatisme. Pour Chodat (*in* Boureau) cette apparition se ferait dans tous les organes à croissance rapide, elle pourrait donc être considérée comme une conséquence de l'accélération. Mais il n'y a peut être pas là de fait évolutif.

En résumé : l'étude des canaux, des thylles, des trachéides est favorable à l'idée du retour ancestral, celle des plantules est favorable à celle de l'accélération évolutive.

Formation de nouveaux organes par blessure.

Dans tout ceci la blessure n'avait en somme provoqué qu'une cicatrisation avec modifications de tissus et non la *formation de nouveaux organes*, sauf dans le cas du rameau nain polyphylle de Thomson.

Chez *Pinus Pinea, P. canariensis* les blessures provoquent la formation de rameaux qui prennent la forme de jeunesse à feuilles simples sans rameaux nains. J'ai admis que ce type est évolué. Si mon hypothèse est exacte, il y a contradiction avec l'observation de Thomson, citée ci-dessus, qui implique un retour ancestral. Si au lieu d'un rameau nain polyphylle il y a eu coalescence de rameaux nains normaux, il n'y a plus contradiction.

Dans les Cycadées, où il y a tout lieu de croire que l'évolution suit les mêmes règles que chez les Conifères, par traumatisme on fait apparaître, sur un *Dioon adulte*, des bourgeons donnant la forme de jeunesse des feuilles. Si on admet la théorie de la récapitulation, la forme de jeunesse rappelant la forme ancestrale, la théorie du retour ancestral par traumatisme est vérifiée. Mais si on admet comme je l'ai fait, que la forme de jeunesse représente l'évolution future la théorie de Penhallow serait plus en harmonie avec les faits.

Mais cicatrisation et formation de nouveaux organes sont sans doute des questions très différentes. Dans le premier cas les tissus du voisinage multiplient des cellules déjà spécialisées et qui modifient assez peu leur spécialisation.

Dans le deuxième cas des cellules déjà spécialisées doivent se dédifférencier et revenir en somme à l'état embryonnaire; une fois revenues à cet état elles ont le même sort que les cellules de l'embryon et passent par la phase de jeunesse avant de revenir à l'état adulte.

Formation de nouveaux organes par section.

Un troisième cas est celui de la *section d'un rameau ou d'une racine* auxquels se rattachent les questions si complexes de la taille et du bouturage. Il faut, en tout cas, songer à la présence de cellules presque embryonnaires dans les tissus adultes. La zone cambiale est formée de cellules en voie de division. Si on coupe le rameau, ces cellules agissent tout naturellement pour former des tissus jeunes, on ne peut guère parler de dédifférenciation ni de traumatisme, je crois que nous pouvons laisser ici ces questions de côté. Remarquons cependant que, à l'état normal, ces cellules cambiales donnent très rapidement des organes adultes alors qu'après taille, c'est-à-dire après suppression des tissus voisins, elles donnent des organes en phase de jeunesse. On voit apparaître la possibilité d'une action de type hormonal empêchant dans la plante normale la phase de jeunesse de se manifester. La suppression par la taille enlèverait cette action inhibitrice et la phase de jeunesse se montrerait.

Abandonnons cette question de section ou de taille et revenons aux blessures proprement dites.

Conclusion

En résumé les faits se classent essentiellement en trois catégories, qui ont été interprétées de la façon suivante :

1° La cicatrisation dans un tissu adulte provoque au voisinage l'apparition de dispositions ancestrales;

2° Dans une plantule elle accélère au contraire l'évolution;

3° Quand le traumatisme a une action plus profonde et cause la dédifférenciation des cellules

1. Mlle Fourcroy (1937) a fait des constatations analogues chez les Angiospermes; on peut donc considérer le fait comme général chez les végétaux phanérogames.

et l'apparition d'organes nouveaux il y a retour aux formes de jeunesse.

Hypothèses d'explication.

Voilà des faits nettement contradictoires : Essayons une explication dont le caractère hypothétique est évident, mais quand une hypothèse explique, elle est digne d'être retenue jusqu'à ce qu'on ait trouvé mieux.

Le développement de l'organisme et le degré d'évolution pris par ses divers organes serait, après les débuts embryonnaires, placé entre des limites déterminées. A l'intérieur de ces limites deux influences comparables à celles d'hormones ou d'auxines seraient en lutte. Une influence tendant à faire évoluer et qui paraît liée à la partie végétative de l'organisme soit V, et une influence tendant à inhiber l'action de V, elle paraît liée à l'influence sexuelle soit S. En chaque moment des transformations d'un organe, son état évolutif est la résultante des deux actions inverses : la part de S et de V qui lui revient [1].

Comme à l'état sain S et V ne sont jamais nuls, leur résultante est toujours inférieure à chacun d'eux. Si une cause supprime ou diminue fortement l'action de l'un ou de l'autre : de V, par exemple, il peut apparaître une disposition plus ancestrale que celle de l'état sain. Mais la valeur maxima de cette disposition ancestrale ne peut pas dépasser l'efficacité de S seul qui est limitée pour l'espèce à une valeur maxima Σ.

Un graphique représente cette conception (fig. 1). L'axe des abscisses porte les valeurs de l'état évolutif. Le point O correspond à une influence sexuelle nulle. Sur un axe général des abscisses chaque espèce serait caractérisée par des valeurs Σ et V. Considérons une espèce déterminée. Ce qui est à droite de l'axe OY représente l'apparition de dispositions évoluées dans la plante, ce qui est à gauche les dispositions ancestrales. Plus l'influence ancestrale est grande plus le point représentatif s'éloigne vers la gauche. Je désigne par S cette influence ancestrale ou sexuelle. Elle provoque une valeur très négative de l'état évolutif à la fécondation car l'œuf est le maximum d'influence sexuelle puisqu'il est formé de deux gamètes.

Dans une étude sur les formes de jeunesse et l'évolution (*Rev. gén. des Sciences*, 1937, p. 293), j'ai admis que l'influence sexuelle S considérable dans l'œuf, diminue rapidement, est faible dans la jeunesse et croît à l'état adulte.

Si cette conception est vraie, la courbe de l'état évolutif qui dérive de cette action et qui reste tout le temps à gauche de l'axe vertical, se rapproche de l'axe au moment de la phase de jeunesse et s'en éloigne plus tard.

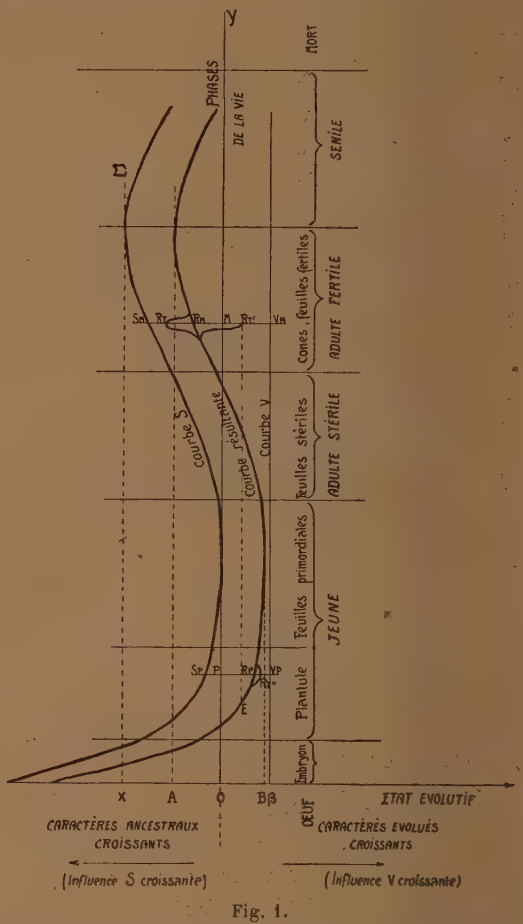


Fig. 1.

L'influence évolutive V est au contraire positive et se représente à droite de l'axe vertical. Mais il est difficile d'avoir une opinion sur ses variations avec l'âge de la plante; faute d'opinion, le plus simple est de supposer que V est normalement constant durant la vie de la plante.

Deux courbes représentent ainsi l'état évolutif; sous l'influence sexuelle c'est la courbe *s*; sous l'influence végétative c'est la courbe *v*. L'état évolutif réel est la résultante des deux actions, soit R la courbe représentative. Analysons ses caractères.

On assiste à cinq phases.

1° *Phase embryonnaire* où l'influence sexuelle S est prépondérante mais diminue rapidement. Les organes passent plus ou moins par des dispositions

1. Dans son étude sur la réduction des convergents chez *Pinus Pinea* (*Rev. Gén. Botanique*, t. 51, 1939, pp. 257-280), Mlle Fourcroy parle de potentiel accélérateur qui se dépense intensément dans la différenciation des tissus et dans la lutte contre une influence antagoniste de réduction. L'idée est un peu analogue à celle qui est émise ici.

très ancestrales qui amènent bientôt aux caractères normaux de l'espèce à partir du point d'abscisse A qui correspond au retour ancestral maximum pour la résultante.

2° *Phase de jeunesse :* l'influence sexuelle S diminuant beaucoup, l'influence évolutive V devient prépondérante et les formes évoluées apparaissent, plus évoluées que l'état adulte. Le degré évolutif maximum est représenté par l'abscisse B du maximum de la résultante.

3° *Phase stérile :* S augmente son action rétrograde mais la sexualité n'apparaît pas encore par la formation des organes ancestraux que sont les rameaux fertiles et les cônes.

4° *Phase fertile :* S augmente son action, les organes sexuels apparaissent, images de conditions ancestrales.

5° *Phase sénile :* avant d'entrer dans la phase sénile ou avant de mourir il semble que toutes les réserves de S sont utilisées et la fructification se fait très active, puis c'est la sénilité et la mort[1].

L'espèce voit donc, en dehors des débuts embryonnaires, ses caractères évolutifs varier entre les valeurs A et B en apparence. Mais en réalité, en dehors des débuts embryonnaires rappelant un lointain passé, ils peuvent, si les circonstances le permettent, varier entre la valeur α abscisse de Σ et β abscisse de V. L'espèce a donc en puissance un certain retour ancestral qui ne se manifeste pas dans la vie normale et une possibilité évolutive, qui n'apparaît pas non plus dans les conditions habituelles de l'existence.

Les caractères ancestraux compris entre A et α sont latents mais non disparus, les caractères plus ancestraux que α sont définitivement disparu. On peut admettre que les gènes qui les portaient n'y sont plus. Voilà levée l'objection relative à la loi d'irréversibilité de l'évolution. L'évolution est irréversible si on songe aux caractères visibles et latents et non aux caractères visibles seuls.

Il est un fait bien connu qu'une défense de l'organisme contre la mort est une intensification de la reproduction. Les réserves de S sont utilisées au maximum semble-t-il.

Arrivons à la question des traumatismes. On peut admettre qu'une blessure est une image atténuée du danger de mort. Donc au point du traumatisme il y aurait un appel de S qui serait chargé des transformations rétrogrades des cellules.

I. Etudions le cas de la **plante adulte.** Plaçons-nous en un moment M. les valeurs S_M et V_M des influences ancestrale et évolutive ont une résultante R_M qui représente le degré évolutif au point M. Supposons un traumatisme. Il y a appel d'influence sexuelle S des cellules du voisinage; S_M qui était inhibé par V_M pour donner R_M, se multiplie. Supposons que V_M ne se multiplie pas puisque nous admettons que S est seul chargé des cicatrisations. Trois cas peuvent se produire :

1° Si une partie seulement du S de renfort est utilisée dans la cicatrisation, il peut en rester assez pour que la résultante R_T représentée en R_T sur le graphique, soit reportée plus à gauche. Cela fait apparaître un retour ancestral et donne un caractère seulement latent à l'état sain. R_T sera nécessairement à droite de l'abscisse α de Σ puisque Σ représente le retour ancestral maximum possible pour l'espèce;

2° Si toute la réserve de S supplémentaire est utilisée pour la cicatrisation, il ne se passe rien de particulier et la résultante reste à la même place;

3° Si, au contraire, sont utilisées la réserve de S supplémentaire et aussi une partie de S initial, la résultante peut être reportée plus à droite, cela donne un caractère plus évolué.

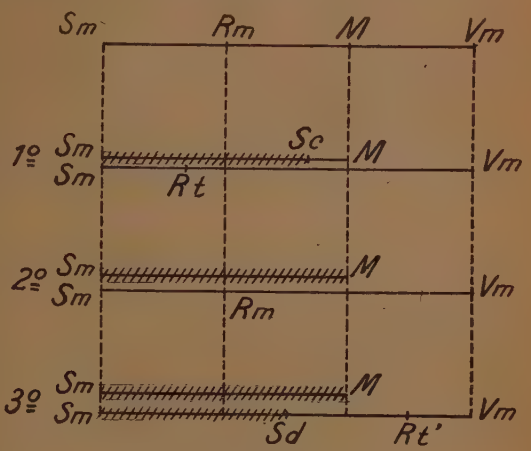


Fig. 2.
Action d'un traumatisme sur l'adulte.

On peut matérialiser graphiquement le phénomène (fig. 2, 1°, 2°, 3°). Au moment M, S_M est inhibé par ce qui donne un état d'évolution représenté par R_M. Représentons par le segment S_M M en valeur absolue, non plus l'état évolutif mais la quantité d'influence sexuelle. Le segment V_MM représente la quantité d'influence évolutive.

Au moment du traumatisme arrive un renfort de S_M du voisinage; pour la commodité du dessin

1. L'utilisation des dernières réserves de S ramènerait la résultante vers la droite et si V est toujours constant on pourrait voir réapparaître des caractères de jeunesse à l'état sénile, ce qui semble parfois réalisé. Il peut arriver aussi que V diminue à la phase sénile, auquel cas on ne peut rien dire sur la position de la résultante qui peut rester sans changement.

supposons que ce renfort soit égal à S_M : on a ainsi 2 S_M inhibés par I V_M.

Reprenons les trois cas envisagés :

1° Si une partie seulement est utilisée dans la cicatrisation (elle est barrée de hachures dans le dessin), la résultante de ce qui reste (c'est-à-dire I S_M + S_C) avec V_M peut être un point R_T à gauche de R_M ;

2° Si la cicatrisation exige l'utilisation de I SM complet, la résultante de ce qui reste prend la valeur R_M. Il n'apparaît rien de particulier;

3° Si au lieu d'une cicatrisation, il y a dédifférenciation; pour ramener des cellules spécialisées à l'état embryonnaire, il faut sans doute une influence ancestrale considérable. La consommation utilisé et le second est entamé, la valeur S_D qui reste est maintenant très inférieure à S_M. La résulde S_M doit être très grande : le premier est tout tante R_T est ainsi très à droite de R_M et ramène à une valeur réalisée durant les stades de la vie embryonnaire au moment E par exemple (fig. 1). Le nouvel organe formé recommencera l'histoire au moment E. Les plantes ont le précieux privilège d'être rajeunies par les blessures.

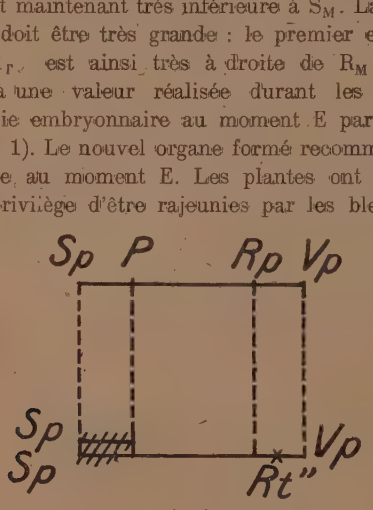


Fig. 3.
Action d'un traumatisme sur sur la plantule.

II. Etudions maintenant la **plantule** au moment P par exemple (fig. 3). Un traumatisme rassemble les effectifs de S du voisinage mais ils sont très faibles et la simple cicatrisation les consomme presque complètement; alors V se trouve presque seul et provoque une accélération de l'évolution jusqu'à ce qu'une nouvelle formation de S ramène au type normal.

En employant la même convention graphique que plus haut, on voit que R_T" est normalement à droite de R_P.

Conclusion.

Parmi les hypothèses envisagées, la plus hasardeuse est sans doute celle qui considère que l'influence sexuelle S est chargée des cicatrisations. Il est possible que le rôle cicatrisant soit dévolu à des influences différentes des strictes influences sexuelles, mais je crois que si on ramène l'ensemble de toutes les influences à deux types fondamentaux S et V, les influences cicatrisantes sont du type S et ont une courbe de variation analogue.

En somme, les hypothèses ont été nombreuses mais elles impliquent des actions de type hormonal tout à fait conformes à ce qu'on en connaît; d'autre part elles expliquent des faits qui apparaissent absolument contradictoires au premier abord, c'est leur mérite.

Si la réalité a des rapports avec ces hypothèses, on peut conclure qu'il faut séparer les diverses actions suivant l'état de développement de la plante. Il n'est pas sûr, non plus, que les divers organes réagissent de la même façon. Un organe à caractère ancestral comme un cône ne réagit sans doute pas tout à fait comme un organe à caractère évolué comme une feuille. On voit qu'un champ vaste est ouvert à l'étude des effets des traumatismes.

Il semble à prévoir que, dans les parties où l'influence S est faible, ou ses réserves momentanément épuisées, le traumatisme provoquera l'évolution. Dans les parties où S est considérable ou ses réserves abondantes, le traumatisme provoquera le retour ancestral si la blessure est faible, ou le retour à la forme de jeunesse si la blessure est grave.

Notons que toutes ces hypothèses reposent sur la nature hormonale de S et paraissent en rapport avec les idées évidentes sur l'influence sexuelle. Personne ne peut nier que dans l'organisme cette influence est minima pendant la période de jeunesse qui précède la maturité sexuelle. Mais les variations de l'influence évolutive V nous sont inconnues; l'existence de cette influence de type hormonal paraît pourtant très probable; elle est en accord avec le grand principe de l'action et de réaction qui appelle un anti-corps chaque fois uq'il y a un corps.

En résumé il n'est pas du tout nécessaire d'abandonner l'idée du retour ancestral de Jeffrey qui donne des sens d'évolution parfaitement conformes aux résultats de Mlle Flous obtenus par d'autres considérations.

Il n'y a pas lieu de contester l'irréversibilité de l'évolution, loi fondamentale de la Paléontologie. L'étude bien comprise des effets des traumatismes peut donc être féconde pour établir les arbres phylétiques.

En élargissant la question, on peut utiliser l'antagonisme de l'influence ancestrale et de l'influence évolutive pour une certaine conception de l'évolution. Il est possible, en effet, que chaque espèce d'un phylum possède une influence ancestrale en

quantité limitée, limitée sur le graphique, à l'état sain, par une courbe s. Les espèces successives du phylum sont peut-être déterminées par des valeurs différentes de l'influence évolutive. La ligne v se déplacerait vers la droite au cours de l'évolution du phylum. La résultante aurait, de plus en plus, une position à droite de OY pour la majeure partie. Il se peut que cela entraîne une difficulté de reproduction croissante amenant l'extinction du phylum.

Toulouse, 5 juillet 1939.

H. Gaussen.
Professeur à la Faculté des Sciences de Toulouse.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques.

Hachtroudi (M.). — **Les espaces d'éléments à connexion projective normale.** Actualités scientifi- et industrielles : 565. — 1 *fasc. de* 86 *pages, Paris,* 1937. *Hermann, édit.*

La donnée d'un complexe de surface $F(x, y, z, a, b, c)$ permet de déterminer d'une façon intrinsèque et invariante une connexion projective telle que l'espace étant doué de cette connexion les complexes $F = 0$ jouissent des propriétés d'un plan.

Dans l'espace à trois dimensions, on peut définir une connexion privilégiée ou connexion normale qui, étant connue, permet d'établir une théorie des formes génératrices en partant d'un repère naturel et en utilisant les paramètres homogènes de l'élément plan.

L'espace d'éléments considéré peut dégénérer en un espace ponctuel qui est alors équivalent à l'espace projectif ordinaire.

La notion des formes génératrices se généralise pour un espace à n dimensions. Dans ce cas la connexion projective normale définit les invariants différentiels d'un système complet d'équations aux dérivées partielles du second ordre. La méthode du repère mobile permet d'étudier les courbes et les surfaces d'un espace holonome d'éléments plans à trois dimensions.

G. P.

Pécheux (H.). — **Tables d'intégrales des différentielles usuelles.** — 1 *vol. in*-12 *de* 69 *pages. Dunod, édit., Paris,* 1939.

Ce fascicule est à l'usage des Ingénieurs (Mécaniciens, Electriciens, Physiciens, Eclairagistes) et des Etudiants des Ecoles techniques. Il comporte un court exposé des règles fondamentales de différenciation et d'intégration suivies d'exercices et d'application. Il n'a rien d'un Traité de Calcul intégral, c'est un simple Formulaire permettant d'éviter des recherches, souvent laborieuses, dans des traités complets et onéreux. Les intégrales explicitées sont les intégrales élémentaires de fonctions algébriques rationnelles ou irrationnelles, et de quelques fonctions circulaires et exponentielles. Le choix des exemples et des applications montre de la part de l'auteur un sens très réel des besoins de calcul de l'ingénieur praticien.

Léon Bloch.

2° Sciences physiques et chimiques.

Bergmann (L.). — **Ultrasonics and their scientific and technical applications** (Les ultrasons, avec leurs applications scientiques et techniques). *Traduit par* Stafford Hatfield. — 1 *vol.*, 264 *pages, chez G. Bell and Sons, Londres,* 1938. (*Prix : relié,* 16 *sh*).

Le livre de M. Bergmann sur les ultrasons, qui a été publié en allemand en 1937, a déjà rendu de grands services à ceux qui désirent se mettre au courant de cette branche nouvelle de la physique, déjà très riche en applications technique. Il en rendra de plus grands encore, au moins pour les lecteurs français, maintenant qu'il a été traduit par M. Hatfield dans une langue assez familière au lecteur cultivé de notre pays. Cette traduction, qui est remarquable de netteté et de fidélité, est conforme de tous points à l'édition originale, la seule addition de quelque importance ayant trait à l'application à la télévision. L'exposé est très clair, bien coordonné, et donne pour la première fois une vue d'ensemble des recherches déjà très vastes relatives aux ultrasons et qui remplissent des centaines de mémoires.

Après un chapitre historique fort bien compris sur la génération des ultrasons (générateurs acoustiques, générateurs à magnétostriction, quartz piézo-électrique), l'auteur traite de la détection et de la mesure des ondes ultrasonores (récepteurs mécaniques, thermiques, électriques, méthodes optiques). Les deux chapitres suivants, particulièrement intéressants pour le physicien, sont relatifs aux mesures de vitesse et d'absorption du son dans les gaz, les liquides et les solides. Un deuxième chapitre, qui n'est pas le moins suggestif s'occupe des applications techniques ainsi que des effets si curieux obtenus avec les ultrasons dans le domaine de la télévision, dans l'étude des colloïdes, dans les questions biologiques, etc. Ce petit livre, très bien présenté au point de vue de la typographie et des figures, sera certainement le bien-

venu auprès de tous ceux qui s'intéressent aux problèmes moléculaires régis par les très hautes fréquences.

Léon Bloch.

Meyer (A). — **Les « Gaz de combat ». Leur fabrication, propriétés physiques, chimiques et toxicologiques, détection et analyse.** *vol. in-8° de 100 pages.* 2e édition revue refondue. *Edit : Charles-Lavauzelle et Cie, Paris 1939.*

Tous ceux qui s'intéressent à l'œuvre de protection aérienne et à l'éducation du public en matière de gaz de combat seront reconnaissants à M. André Meyer, le distingué Professeur de la Faculté des Sciences de Dijon, bien connu du monde savant par ses remarquables recherches dans le domaine de la chimie, de publier une nouvelle édition, remise à jour et augmentée, de son excellente brochure destinée à familiariser les esprits avec le danger aérochimique.

Préfacé par M. le général Duchene, Membre du Conseil supérieur de la Guerre et Inspecteur général de la Défense aérienne du territoire, l'ouvrage de M. Meyer présente une valeur qualitative de premier ordre et l'on ne saurait trop en recommander la plus large diffusion. Avec un maximum de concision et de clarté, en même temps qu'avec beaucoup de soin et de conscience scientifique, l'auteur expose tout ce que le public doit connaître des gaz de combat pour mieux se protéger contre leurs attaques.

Cette excellente publication, peu coûteuse, d'une consultation fort aisée, et richement documentée, sera lue avec un grand intérêt et beaucoup de profit par les Conférenciers de la Défense passive, les Médecins, les Pharmaciens, les Officiers et par toutes les personnes, même non spécialisées, possédant une culture moyenne, qui, sans effort, pourront en assimiler la matière.

E. Cattelain.

O'Rahilly (Alfred). — **Electromagnetics.** — *1 vol. in-8° de 884 pages, édité chez Longmans, Green and Co, Londres, New-York, Toronto et à la Cook University Press, 1938 (Prix : 42 sh.).*

Cet ouvrage, aussi original qu'intéressant, est une étude historique et critique détaillée des idées fondamentales et des équations de l'électromagnétisme. Il consacre de longues pages à l'examen méthodique des conceptions et des procédés de calcul introduits successivement dans la science par Poisson, Maxwell, Ampère, Newman, Helmholtz, Duhem, Liénard, Lorentz, Voigt, Ritz, etc. Cet exposé, quoique l'ampleur des développements mathématiques n'en facilite pas toujours la lecture, est fait dans un esprit extrêmement personnel, et avec le désir de convaincre le lecteur que bien des erreurs passées n'ont été remplacées, au cours des années, que par d'autres erreurs. Nous ne pouvons suivre ici l'auteur dans les méandres compliqués de cette évolution historique, ni discuter en détail la validité de ses conceptions personnelles. Mais nous pouvons affirmer, sans crainte de nous tromper, que tous les physiciens trouveront profit à approfondir leurs connaissances par la lecture de cet ouvrage. Si l'auteur utilise, parfois, un ton de polémique qui paraîtra à quelques-uns excessif dans un ouvrage de science, il est du moins impossible de ne pas reconnaître non seulement sa bonne foi, mais encore son bon sens et son extraordinaire érudition et son impartialité. M. O' Rahilly n'hésite pas à critiquer âprement Maxwell, Lord Kelvin ou Einstein, quand il le juge opportun; il met, d'autre part, en pleine lumière les mérites de physiciens un peu méconnus, tels que Duhem, Ritz ou M. Liénard; et toute la partie historique de son exposé va sans doute plus loin dans la voie de la vérité que tous ceux qui l'ont précédé. Tout le monde, par exemple, aura profit à lire les pages sur la loi de Coulomb en magnétisme, sur le courant de déplacement de Maxwell, sur l'importance fondamentale de la loi de force publiée par M. Liénard en 1898; l'auteur s'entend, mieux que personne, à rendre justice à chacun et à redresser les erreurs historiques ou scientifiques.

Je m'arrêterai un instant sur deux groupes particuliers de chapitres qui ont chance de provoquer, plus que d'autres, la discussion ou les polémiques. D'abord ceux où il est question de relativité. M. O' Rahilly est un anti-einsteinien convaincu, et je dois dire que son attitude me paraît, sur ce point, prêter à de sérieuses critiques, non qu'il prétende montrer l'inexactitude des résultats d'Einstein, mais seulement leur inutilité. Sa volonté, fermement affirmée, de prouver que la transformation de Voigt — identique au fond à celle de Lorentz — n'a qu'une valeur purement algébrique et aucune signification physique, n'entraînera pas, à ce que je pense, la conviction générale. Attendons d'ailleurs, sur ce point, la publication du volume spécial que l'auteur promet de lui consacrer.

L'autre groupe de chapitres qui semblent également dignes d'une mention spéciale est celui où il est question des unités et des fameuses équations de dimensions. Ici l'auteur défend avec éclat des idées qui nous paraissent parfaitement saines. On aura plaisir à voir avec quel talent et quel humour il détruit les conceptions mystiques sur la nature des grandeurs et sur la signification des équations physiques, que tant de savants — quelquefois éminents — ont tenté de défendre.

Si l'on ajoute que les vues philosophiques sont abondantes, que les affirmations dans un sens ou dans l'autre sont toujours étayées par des citations nombreuses et précises, empruntées aux ouvrages de tous les temps et de tous les pays, que les connaissances mathématiques de l'auteur sont aussi profondes que ses connaissances physiques, on aura toutes raisons de pouvoir chaudement recommander l'étude sérieuse de ce livre. C'est un livre qui peut, sur certains points, soulever des objections, mais il a le double et incontestable mérite de faire réfléchir et d'instruire.

Eugène Bloch.

3° Art de l'Ingénieur.

Gouvenain (A. de). — **40 Abaques de Radio pour la résolution rapide de différents problèmes pratiques de radio-électricité.** *En un portefeuille* 24×32 ; *Paris*, Sté des Editions Radio, 1939 (*Prix : 65 fr.*).

Nous signalons cet ouvrage à l'attention non seulement des radio-électriciens, mais de tous ceux qui ne manqueront pas de s'intéresser à cette remarquable tentative d'application systématique du calcul graphique à l'étude d'une question donnée.

Au point de vue de la technique des abaques, nous aurions quelques réserves à faire, certaines questions pouvant être traitées d'une façon plus simple et plus élégante qu'elles ne l'ont été. D'autre part, plusieurs abaques traduisent des relations élémentaires que la règle à calcul permet de résoudre aisément et, de ce fait, leur établissement ne s'imposait peut-être pas. Enfin, quelques-uns des graphiques présentés sont simplement constitués par des échelles de correspondance et ne méritent pas, à proprement parler, le nom d'abaques.

Nous tenons à souligner, car la question est d'importance primordiale en la matière, l'impeccable présentation, en portefeuille, de ces quarante planches soigneusement tirées sur bristol épais et accompagnées d'une réglette transparente et d'une notice explicative.

Les titres des abaques sont donnés en français, anglais, allemand, espagnol, italien et flamand.

Ph. TONGAS.

Moteurs à huile lourde industriels et marins. — *1 vol. in-4° de 88 p., avec fig. ; n° spécial du* « Bulletin Technique du Bureau Veritas », *Paris*, 1938 (*Prix, broché : 25 fr.*).

Cette publication rassemble diverses études respectivement consacrées à l'évolution, au cours de l'année 1937, de la technique du moteur à huile lourde dans ses applications à la traction sur route et sur voie ferrée, à la marine et à l'aviation ; elle constitue un exemple de ces mises au point périodiques dont l'intérêt n'est pas à démontrer.

Ph. TONGAS.

Piettre (Maurice), Directeur de l'Institut international du froid. **Théorie générale de l'application du froid aux denrées alimentaires.** *In-8° de 152 pages avec VI planches hors texte. Collection des Actualités scientifiques. Hermann, Paris.*

M. Maurice Piettre qui, par tant d'heureuses initiatives à l'Institut international du Froid aussi bien qu'à l'Académie d'Agriculture, a si puissamment contribué à faire connaître et à développer les applications de la technique frigorifique, vient de résumer à l'intention des producteurs, des hygiénistes, des médecins, des vétérinaires et des agronomes, l'état actuel de cette technique en insistant sur les précautions qu'il est indispensable de prendre pour conserver aux denrées alimentaires périssables toutes leurs qualités nutritives. Parmi ces précautions, celle sur laquelle l'auteur revient à diverses reprises et qui a été trop souvent perdue de vue est de ne confier au froid que des denrées aussi pures que possible, exemptes de souillures, de traumatismes de toute origine (carcasse d'animaux immédiatement après leur préparation, lait après la traite, poisson aussitôt sorti de l'eau, fruits et légumes dès leur cueillette, etc.). C'est qu'en effet si le froid ralentit jusqu'à les supprimer les divers processus d'ordre fermentaire susceptibles d'altérer les produits conservés, il ne saurait améliorer la qualité de ces produits, lorsque, avant d'être portés à basse température, ils ont subi un commencement d'altération. L'inobservation de ces précautions indispensables n'a que trop contribué à discréditer auprès du public les produits conservés par le froid.

L'ouvrage débute par un aperçu général de l'organisation de l'industrie frigorifique relative à la conservation des denrées périssables : 1° dans les pays industrialisés du Nouveau Monde où les techniques frigorifiques se sont du premier coup orientées dans la voie correcte ; 2° dans les pays de l'Ancien Continent, et plus particulièrement en France, où l'adaptation de ces techniques a été lente, pénible, coupée d'arrêts ou d'erreurs, et où bien des progrès restent encore à accomplir.

Dans un chapitre d'histoire extrêmement vivant, l'auteur expose les origines de la technique frigorifique en relatant les travaux de ses deux grands précurseurs que furent Ferdinand Carré et Charles Tellier. Il étudie ensuite les altérations des denrées d'origine carnée, classées en putréfactions superficielles et putréfactions profondes, dont ses belles recherches ont si heureusement contribué à préciser la nature et l'évolution. Le chapitre suivant fournit des renseignements fort instructifs sur l'organisation des recherches scientifiques relatives à la conservation des denrées alimentaires dans les instituts, les laboratoires et les stations expérimentales des divers pays. L'auteur a également rassemblé des données extrêmement importantes sur la conservation par le froid des denrées d'origine animale ou végétale faisant connaître sur l'évolution des lipides, des pigments, des tissus, des protéines, des vitamines, etc., les résultats des recherches les plus récentes. La dernière partie du volume est consacrée à la technologie générale de l'application du froid aux denrées périssables, les diverses méthodes étant classées en : préréfrigéraion, réfrigéraion ordinaire et congélation rapide. Sur toutes ces techniques, l'auteur fournit les renseignements les plus précis en discutant avec beaucoup d'objectivité les résultats obtenus et signalant les progrès à accomplir ; une abondante illustration fait connaître les réalisations les plus modernes.

En résumé, ce travail magistral de M. Piettre où la documentation la plus complète s'allie à un rare souci de la précision scientifique, constitue une remarquable mise au point de cette « pasteurisation

par le froid » à l'édification de laquelle ses importantes recherches dans les domaines les plus divers de la chimie biologique ont si puissamment contribué et qui, à l'heure actuelle, peut rendre les plus grands services à notre pays en aidant à la conservation et au transport des produits destinés à son ravitaillement.

A. BOUTARIC,

Membre de l'Académie d'Agriculture.

4° Divers.

Levine (J.). — **La Mongolie.** — Payot, 1937.

Comme Westermann, Lévine est obligé de reconnaître qu'on ne peut brusquement établir un nouvel ordre social sans tenir compte des coutumes ancestrales. Qu'il s'agisse de la Mongolie ou de l'Afrique il faut peu à peu insérer les réformes dans la mesure où on peut habilement les introduire dans le courant de vie admis par la population.

R. P.

Matisse (Georges). — **Identité du Monde et de la Connaissance.** — 1 *vol. in-8° de* 250 *p. Ed. Hermann*, 1937.

M. G. Matisse, naturaliste connu, appartient à cette catégorie de savants qui ne peuvent pas rester impassibles devant le « désarroi mental » de leur temps.

Avant la guerre, c'était le cas d'un Ernst Haeckel, d'un Le Dantec, du célèbre chirurgien P. Delbet (pour ne citer que les noms les plus connus). Après la guerre, le nombre de ces savants a encore augmenté. Actifs, d'un esprit large et prompt aux généralisations, ils réagissent vivement aux erreurs et divagations des philosophes-métaphysiciens et mystiques; ils présentent hardiment leur propre solution des problèmes philosophiques.

C'est ce que M. Matisse est en train de faire. Son livre (suivi des autres) est une *philosophie de la nature*. Il se divise en deux parties. Dans la première, surtout psychologique, il est question des mière surtout psychologique, il est question des éléments de la représentation et de la pensée. Ici, l'évaluation de la genèse de la connaissance est traitée au point de vue strictement biologique, comme il sied. Le chapitre le plus intéressant de cette partie est sans doute celui consacré à la variété de l'équipement sensoriel chez les êtres vivants, où l'auteur utilise ses vastes connaissances zoologiques. En lisant les pages consacrées à la mémoire (91-93), nous étions heureux de constater que M. Matisse est arrivé, tout à fait indépendamment, aux idées très voisines des nôtres. En 1925, nous avons émis l'hypothèse que les réflexes conditionnés, cette première forme de la mémoire psychologique, se forment grâce à l'égalisation progressive des chronaxies corticale et périphériques. Nous étions heureux de pouvoir confirmer expérimentalement notre hypothèse au cours de notre travail au laboratoire de physiologie générale de la Sorbonne en 1934-1937 (voir notre livre : *Les Réflexes conditionnés et la Psychologie moderne*, Ed. Hermann). Or, M. Matisse dit : ... « le mécanisme physique de la mémoire consiste dans l'ajustement des chronaxies, dans la syntonisation obtenue le long de certains circuits nerveux pour les mouvements, dans celle de certaines voies d'association pour les idées (p. 93) ». L'auteur a, d'ailleurs développé plus amplement sa théorie dans la *Revue Générale des Sciences* du 31 mars 1937.

La deuxième partie, plus philosophique, traite de la connaissance et de ses genres et, aussi, d'une foule de problèmes philosophiques et se termine par l'explication biologique du mysticisme, assez vraisemblable, mais, peut-être, pas tout à fait complète.

Nous ne pouvons pas, bien entendu, analyser ici tout ce que l'auteur a mis dans cette partie. Bornons-nous à marquer un rappel, très utile par le temps qui court (le temps où l'idéalisme mathématico-métaphysique exerce une forte influence sur les esprits) : « l'édifice cognitif, *parti de l'expérience* doit, pour avoir une valeur de réalité, *faire retour à l'expérience*. Ses conclusions et déductions doivent être confirmées par elles (p. 109) ».

W. DRABOVITCH.

Mauge (Fr.). — **La destinée et le problème du vrai L'esprit et le réel dans les limites du nombre et de la grandeur.** — Bibl. de Phil. Contemporaine. 1 *vol. de* 362 *p. Alcan, édit., Paris*, 1937.

Ce titre semble annoncer un livre de Philosophie spiritualiste ou au moins très idéaliste. Par contre, on y trouvera une philosophie scientifique qui, avec des allures rationnelles-expérimentales, explore le champ immense, mais nettement délimité, de la mathématique moderne et contemporaine, non sans quelques incursions dans le domaine de la physique, de la chimie et de la physiologie. C'est afin de rechercher quel est le rôle de l'intellect et celui des données sensorielles dans la constitution de l'expérience générale dont la part scientifique est caractérisée par l'application systématique d'un schème opératoire dont le résultat est la corrélation, la motivation et la partition des ensembles de faits de mieux en mieux coordonnés. Le rôle de l'intellect que l'auteur appelle esprit est dominé par la tendance à l'unification, laquelle est contrastée par les actes matériellement exécutés qui entraînent aux morcellements, étant obligés d'être adaptées aux résistances de notre corps et des autres corps. Notons que dans le chapitre intitulé « les trois racines de la vérité mathématique » l'auteur traite surtout de l'importance du schème sensori-moteur dans la constitution des différentes sortes de corrélations et il me semble que, s'il avait mis en évidence avec plus de netteté, que l'idée mathématique est rattachée à la forme quadrisensée de la sensibilité corporelle, il aurait éclairci beaucoup la principale de ses conclusions, que voici : « pour le moment, nous n'avons qu'une certitude : les mécanismes opératoires infiniment subtils mis en jeu par les mathématiques sont liées à des structures organiques que l'esprit

établit dans sa phase consciente et qu'il conserve quand la conscience s'éteint et s'obscurcit ». En tout cas, ce philosophe de la science affirme la certitude préalable qui est la raison des incertitudes de l'expérience.

G. MALFITANO.

Slonim (Marc). — **Les onze Républiques soviétiques.** — *Editeur Payot.*

L'auteur s'attache à faire ressortir l'essor récent de la Russie. Chaque province garde ses caractères propres qui dérivent de l'évolution historique. Les combinats sont édifiés sur l'existence locale de matières premières. Les fabriques de blé dans les républiques du centre, les combinats partant de la betterave en Ukraine sont signalés. Malheureusement on ne voit pas vivre le paysan lui-même.

R. P.

Vayson de Pradenne (A.). — **La préhistoire.** *1 vol. in-16, de la Collection Armand Colin, 224 pages, 47 figures.*

La « Collection Armand Colin » s'enrichit d'un bon ouvrage, pensé et écrit avec beaucoup de prudence.

La première partie (p. 7-72) est une Introduction aux études préhistoriques, étudiant les méthodes, la recherche des documents et la technologie.

La deuxième partie (p. 73-137) est consacrée à la classification et à la chronologie actuellement adoptée en Europe occidentale.

La troisième et dernière partie (p. 138-216) met au point les connaissances acquises sur la Préhistoire de l'Eurasie et de l'Afrique (Paléolithique et Néolithique).

On peut regretter avec l'auteur que la Science préhistorique, dont les méthodes et les enseignements s'affirment, n'ait pas en France la place qu'elle mérite.

R. FURON.

Vialle (Louis). — **Défense de la Vie.** *Alcan.*

Décrépitude, solitude, mort... voilà le lot de l'individu. La raison nous a trompé. La vie doit triompher! Pour cela Kirkegaart ne voit qu'un procédé : l'abolition des désirs, de la personnalité et la fusion en Dieu. L'âme en se détournant de la vanité, de l'orgueil, des plaisirs de la chair, de l'esprit critique, de l'expérimentation... en revenant à sa source gagne la vie éternelle.

La philosophie existentielle montre partout l'absurde (Kirkegaard et Chiestov). La raison en cherchant des lois universelles nous égare, il n'y a que des cas particuliers. Le calme de la raison est une illusion. Chaque homme lucide doit sentir l'angoisse de sa misérable condition et par des renoncements successifs se rapprocher de son essence divine... qui est la vraie vie.

R. P.

ACADÉMIES ET SOCIETÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADEMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 30 Mai 1939.

SCIENCES NATURELLES. — **M. Edouard Saurin** : *Les séries cristallophylliennes du Centre Annam méridional.* — **M. Jean Debrach** : *Sur une relation entre le trouble atmosphérique et le rayonnement nocturne.* — Mlle **Marie Celan** : *Sur la structure des cellules centrales du genre* Ceramium. — M. et Mme **Jean Feldmann** : *Sur la structure des cellules axiales de l'*Asparagopsis armata *Harv.* — **M. Paul Becquerel** : *La réviviscence des Mousses congelées dans l'azote liquide et la réversibilité de leur synthèse protoplasmique.* Les Mousses en vie ralentie ou en vie latente peuvent supporter sans périr l'action de l'azote liquide pendant 7 jours. La résistance des spores des Mousses est encore plus grande puisqu'elles germent après leur passage dans l'hélium liquide à — 271°. On peut supposer que pendant le refroidissement du protoplasma, ses amicrons perdant leur liaison pour l'eau se séparent de leurs molécules. La congélation surprenant les deux sortes de particules, la matière vivante synérésée se solidifie sans éprouver des modifications chimiques. Au dégel les amicrons reprennent leurs liaisons pour les molécules d'eau et reforment le système colloïdal initial. — **M. J. Fournel** : *Les causes des différences interspécifiques de l'excrétion ammoniacale des mammifères.* Il est probable que le degré d'aptitude désaminante du tissu rénal n'est pas cause des différences interspécifiques observées ; mais les différentes espèces, procédant plus ou moins vite à l'uréogénèse, laissent circuler une quantité plus ou moins élevée d'acides aminés, de telle manière que plus la concentration sanguine en ces derniers sera haute, plus le rein en attaquera. On constate en effet que des ammoniuries très différentes peuvent être accompagnées par une même acido-aminurie et même qu'ammoniurie et acidoaminurie peuvent présenter des variations parallèles. La responsabilité lointaine des différences interspérifiques d'ammoniurie remonterait donc, non au rein, mais aux organes uréopoiétiques. — **M. Jean Escher-Desrivières** : *Variation des temps de réactions psychomotrices visuelles en fonction de l'éclairement en lumière blanche et colorée.* La rapidité des temps de réaction psychomotrices visuelles tend vers une limite

avec l'éclairement du test. Cependant cette rapidité s'améliore dans un très faible rapport (19,5 à 16,9) lorsque cet éclairement croît de 50 lux à 500 lux. — M. **Pierre Lepesme** : *Recherches quantitatives sur la variation artificielle de la teneur en eau de quelques insectes et sa limite mortelle.* Des expériences sur le Charançon du riz ont montré qu'une déshydratation qui abaisse, *in vivo*, leur teneur en eau de 48 à 33 p. 100 (soit de 15 p. 100) est tout à fait suffisante pour déterminer la mort, en dehors de toute action physiologique. Il est également remarquable que cet insecte puisse, sans adaptation physiologique spéciale, survivre à une perte d'eau représentant plus de 10 p. 100 de son poids. — M. **Paul-H. Fischer** : *Les zones d'organismes intercotidaux sur les côtes d'Australie.* Les trois zones de vie intercotidale définies par Hedley pour les environs de Sydney (à savoir : zone inférieure à *Cynthia præputialis*, zone moyenne à *Galeslaria cæspitosa* et zone supérieure à *Melaraphe mauritiana*, ayant pour limites respectives les niveaux moyens des basses mers de vive-eau, basses mers de morte-eau et hautes mers de morte-eau) se retrouvent, malgré les différences de peuplement, dans toute la partie tempérée de l'Australie et en Tasmanie. — Mme **Nine Choucroun** : *Sur un antigène sensibilisant extrait du bacille tuberculeux.* L'huile de paraffine mise au contact de corps bacillaires morts, puis séparée des bacilles, a capté un antigène actif qui précipite l'anticorps des sérums de tuberculeux, et *communique aux animaux sains la sensibilité à la tuberculine.* Cet antigène est peut-être l'antigène le plus complet du bacille tuberculeux. — M. **Maurice Piettre** : *Action aux basses températures de quelques électrolytes sur l'oxyhémoglobine cristallisée.* — MM. **Albert Peyron**, **André Staub** et **Guy Poumeau Delille** : *Comparaison chez les animaux neufs et immunisés des réactions histiocytaires dans les lésions expérimentales provoquées par le charbon bactéridien.* A l'encontre des doctrines émises sur le caractère purement local de l'immunité anticharbonneuse les expériences des auteurs révèlent, chez l'immunisé, la mise en jeu de réactions histiocytaires de défense d'ordre général.

Séance du 12 Juin 1939.

2° Sciences physiques. — **J. Solomon** : *Sur la théorie du moment magnétique du proton.* L'interaction directe entre proton et électron semble être de nature à expliquer la différence entre les résultats des deux méthodes de détermination du moment magnétique du proton. — **C. Salceanu** : *Nouvelle méthode pour la détermination de la viscosité des liquides.* — **Al. Bojinesco** : *Emission électronique de champ obtenue lors du bombardement de l'oxyde d'aluminium par des électrons ou des ions négatifs* : H, N, O et O_2. — **O. Yadoff** : *Sur la décharge électrique d'un conducteur par un courant d'air hypersonique.* — **H. Bruck** : *Mesure des durées de vie optiques dans un jet atomique excité par choc électronique.* — **N. Calinicenco** : *Dépolarisation de la lumière qui traverse les suspensions d'amidon.* Il y a proportionnalité entre l'angle de dépolarisation et le rayon des particules. La dépolarisation diminue lorsque la température de la suspension augmente. — **R. Audubert** et **Ch. Racz** : *Emission de rayonnement ultraviolet et thermolyse de l'azoture de thallium.* — **G.-P. Dube** et **S. Levine** : *Sur l'énergie d'interaction mutuelle de deux particules colloïdales hydrophobes.* — **P. Dumanois**, **G. Rentenauer** et **M. Prette** : *Sur la combustion des mélanges d'hydrocarbures. Mélanges de décahydronaphtalène et de dicyclopentadiène.* — **E. Cornec** et **M. Lehné** : *Méthode d'analyse physicochimique par détermination des lignes d'eutexie.* — Mlle **M.-L. Delwaulle**, MM. **F. François** et **J. Wiemann** : *Etude au moyen de l'effet Raman des solutions de bromure de cadmium.* — Mlle **M.-C. Bailly** : *Sur l'hydrolyse des mono-esters α-et β-glycérophosphoriques.* — **Ch. Dufraisse**, **L. Velluz** et Mme **L. Velluz** : *L'union labile de l'oxygène au carbone ; un peroxyde spontanément dissociable à froid.* Le peroxyde de diméthoxy-1 : 4-diphényl-9 : 10-anthracène, produit par irradiation à l'air, se décompose spontanément à froid en libérant l'oxygène.

Séance du 5 Juin 1939.

Sciences naturelles : *La décomposition latéritique du granite dans la région de Macenta (Guinée française).* Les étapes de l'altération du granite au pays de Macenta sont : 1° altération faible et banale du granite en profondeur conduisant à la séricitisation d'une petite masse des feldspaths calcosodiques ; 2° arénisation du granite ; 3° altération contrastante des boules granitiques et de l'arène ; les premières restant micacées et devenant gibbsitiques ; la seconde ayant perdu son mica, devenant kaolinique. — Si le troisième stade d'altération a pour origine le climat tropical, le deuxième ne met rien en évidence qui ne puisse se concevoir en pays tempéré. La matière sur quoi s'appliqua l'altération tropicale fut donc au préalable préparée sous un autre climat. — M. **Josué Hoffet** : *Sur la découverte du Trias inférieur fossilifère au Tonkin.* — M. **Vladimir Frolow** : *Prévision à longue échéance d'une caractéristique des pluies à Alexandrette (Rép. Syrienne)* (prévision déposée sous pli cacheté en février 1936). L'humidité des hivers 1935-1936 ; 1936-1937 et 1937-1938 semble devoir croître avec le millésime, de telle sorte que l'hiver 1937-1938 se classera parmi le plus pluvieux enregistré. L'été 1937 paraît devoir être le plus humide depuis 1922, tandis que celui de l'année suivante sera l'un des plus secs. — Ces prévisions ont été confirmées par les faits. — Mme **Arlette Vassy** et M. **Etienne Vassy** : *Dissymétrie de la distribution de l'ozone dans les deux hémisphères* Il existerait une dissymétrie dans la distribution de l'ozone autour du globe. Mais on ne peut savoir actuellement s'il y a plus d'ozone dans l'hémisphère Sud que dans l'hémisphère Nord ou s'il s'agit seulement d'une distribution différente en fonction de la latitude. Cette constatation appuie l'hypothèse que cette dissymétrie de la stratosphère est la conséquence de la répartition des mers et des continents, si différente dans les deux hémisphères. — M. **René Bernard** : *Nouveaux résultats relatifs à l'aurore polaire.*

Le Gérant : Gaston Doin

Sté Gle d'Imp. et Edit., 1, rue de la Bertauche, Sens. — 3-40